

## ANALISIS KORELASI *SCALED DISTANCE* TERHADAP GETARAN TANAH PADA OPERASI PELEDAKAN BATU KAPUR PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO)

**Roby Cahyadi<sup>1)</sup>, Taufik Toha<sup>2)</sup>, Syamsul Komar<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Teknik Pertambangan Batubara Politeknik Akamigas Palembang

<sup>2) 3)</sup> Magister Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya

### Abstrak

Penelitian dilakukan di lokasi penambangan batu kapur PT. Semen Baturaja (Persero). Kegiatan penambangan batu kapur didahului dengan proses pemberaian menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Salah satu efek terhadap lingkungan dari kegiatan peledakan yaitu adanya *ground vibration*.

Pengukuran *ground vibration* dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai *peak particle velocity* (PPV) atau *peak vector sum* (PVS). Dari data pengukuran *ground vibration* selama satu tahun dari bulan 19 Mei 2016 hingga 30 Juni 2016 dilakukan analisis menggunakan metode statistika regresi linier. Hasil analisis adalah persamaan rumus hubungan antara PPV dan *scaled distance* (SD) yaitu  $PVS = -0,1187 (SD) + 6,2026$  dengan  $R^2=0,7723$  yang menyatakan korelasi kuat.

Percobaan (*trial*) peledakan dilakukan sebanyak tiga kali, yaitu pada tanggal 23 Juni 2016 dan 28 Juli 2016 pada Blok 17 – 18 B serta tanggal 1 Juli 2016 pada Blok 10A. Percobaan dilakukan untuk membandingkan antara PVS prediksi dan PVS aktual di lapangan. Berdasarkan ketiga percobaan yang dilakukan terdapat selisih yang tidak signifikan antara nilai PPV prediksi dan PPV aktual yaitu antara 0,03 hingga 1,12.

Standar yang digunakan untuk pengukuran *ground vibration* mengacu pada SNI 7571:2010. PT. Semen Baturaja juga memiliki standar *ground vibration* untuk peledakan yaitu maksimal 3 mm/s. Berdasarkan persamaan hubungan SD dan PVS maka dibuatlah kontrol vibrasi dengan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai  $PVS = 1$  mm/s dan  $PVS = 2$  mm/s. Berdasarkan perhitungan, untuk nilai  $PVS = 1$  mm/s didapat pada  $SD = 43,83$  m/kg<sup>0.5</sup>, sedangkan untuk nilai  $PVS = 2$  mm/s didapat pada  $SD = 35,41$  m/kg<sup>0.5</sup>

Kata kunci : Peledakan, *Ground Vibration*, *Peak Particle Velocity* (PPV), *Peak Vector Sum* (PVS).

### Abstract

The study was conducted at the limestone mine location of PT. Semen Baturaja (Persero). Limestone mining activity is preceded by a process of destruction using drilling and blasting method. One of the effects on the environment of blasting activities that is the ground vibration.

Ground vibration measurement was performed to determine the value of peak particle velocity (PPV) or peak vector sum (PVS). From the data of the ground vibration measurement for one year from May 19, 2016 until June 30, 2016, statistical analysis using linear regression method was carried out. The result of the analysis is the equation formula of correlation between PPV and scaled distance (SD) namely  $PVS = -0.1187 (SD) + 6.2026$  with  $R^2 = 0.7723$  stating a strong correlation.

Blasting trials were conducted three times, i.e. on June 23, 2016, July 28, 2016 in Block 17-18 B and July 1, 2016 in Block 10A. Experiments were performed to compare between PVS prediction and actual PVS in the field. Based on the three experiments conducted, there were no

significant difference between the value of PPV predictions and the actual PPV which was 0.03 to 1.12.

The standard used to measure vibration ground refers to ISO 7571: 2010. PT. Semen Baturaja also has standards of ground vibration for blasting that is a maximum of 3 mm / s. Based on relational equation between SD and PVS, vibration control was made by performing a calculation to find the value of PVS = 1 mm / s and PVS = 2 mm / s. Based on the calculation, the value of PVS = 1 mm / s was obtained in SD = 43.83 m / kg<sup>0.5</sup>, while the PVS = 2 mm / s was obtained in SD = 35.41 m / kg<sup>0.5</sup>

**Keywords:** Blasting, Ground Vibration, Peak Particle Velocity (PPV), Peak Vector Sum (PVS).

## 1. Pendahuluan

Sistem penambangan yang dilakukan PT. Semen Baturaja (Persero) adalah sistem tambang terbuka dengan *quarry mining method*. Penggalian batu kapur dilakukan kegiatan peledakan (*Blasting*) untuk memberai batuan dari batuan induknya. Namun, kegiatan peledakan dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti terjadinya *ground vibration* (getaran tanah), batuan terbang (*fly rock*), kebisingan udara (*airblast*). Efek dari kegiatan peledakan ini dapat dirasakan oleh masyarakat disekitar lokasi penambangan karena lokasi penambangan dengan pemukiman warga yang tidak terlalu jauh yaitu berkisar dengan jarak 200-500 meter.

Getaran tanah merupakan salah satu hasil dari kegiatan peledakan yang dilakukan, dimana getaran tanah dinyatakan dengan nilai PPV (*Peak Particle velocity*). Getaran tanah dapat menjadi salah satu masalah bagi perusahaan jika melebihi baku mutu aman getaran SNI, karena dapat membahayakan manusia dan bangunan disekitarnya. Masyarakat disekitar lokasi tambang mengklaim bahwa pemukiman mereka rusak akibat *ground vibration* yang disebabkan oleh peledakan yang dilakukan PT. Semen Baturaja (Persero). Klaim rumah yang rusak seperti retak pada dinding rumah.

Hal-hal yang dapat mempengaruhi getaran yang dihasilkan dari kegiatan peledakan, antara lain ; jarak peledakan, berat muatan bahan peledak dalam lubang ledak yang meledak secara bersamaan, pengaturan waktu delay dan juga geometri peledakan. Untuk meminimalisir getaran tanah yang ditimbulkan dari hasil peledakan,

salah satu kegiatan yang dilakukan adalah dengan pengaturan terhadap scaled Distance (SD). SD adalah parameter untuk dimensi jarak. Scale distance dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran. Nilai SD dipengaruhi oleh berat muatan bahan peledak yang meledak secara bersamaan dan jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengamatan. Pada suatu kegiatan peledakan semakin dekat suatu area terhadap lokasi peledakan maka semakin besar getaran tanah yang dirasakan dari hasil kegiatan peledakan tersebut, oleh karena itu diperlukan pengaturan jarak aman dari suatu kegiatan peledakan yang akan dilaksanakan, agar tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Begitupun dengan berat muatan bahan peledakan dalam lubang ledak yang meledak secara bersamaan, jika semakin banyak bahan peledak dalam lubang ledak yang meledak secara bersamaan maka getaran tanah yang dirasakan akan semakin besar.

Dengan mengetahui pengaruh jarak dan berat muatan bahan peledak dalam lubang ledak yang keduanya terdapat dalam pengaturan SD, maka dapat dilakukan pengontrolan peledakan sehingga menghasilkan getaran yang aman. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian guna meminimalisir getaran yang terjadi agar tidak membahayakan manusia serta bangunan disekitar lokasi peledakan.

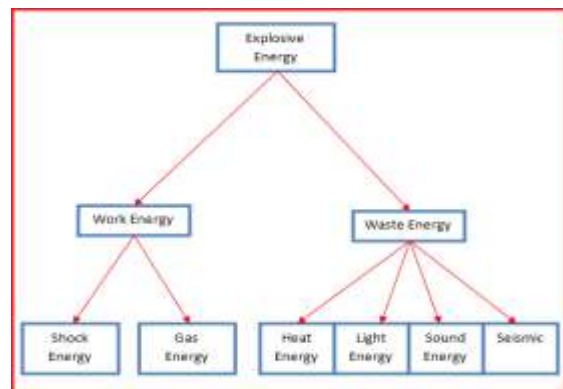
### 1.1. Peledakan

Metode Pemboran dan Peledakan adalah salah satu metode pembongkaran pada batuan. Metode ini bertujuan untuk meretakkan, menghancurkan ataupun

membongkar batuan dari batuan induknya untuk memenuhi target produksi dan memperlancarkan proses pemuatan dan pengangkutan. Kegiatan peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan salah satunya bila dampak terhadap lingkungan (*fly rock, vibration, air blast, gas beracun dan debu*) minimal (Koesnaryo, 2012). Diperlukan kontrol dan pengawasan terhadap teknis pemboran guna mempersiapkan lubang tembak dalam satu operasi peledakan. Serta perlu dilakukan kontrol dan pengawasan terhadap proses peledakan seperti inisiasi dan penggunaan bahan peledak agar peledakan dapat terkendali dan aman.

Menurut Dowding, 1984 dalam Maryura, dkk, 2014 tujuan peledakan adalah untuk memberaikan batuan sehingga dapat dimuat lalu diangkut. Peledakan dapat memberaikan batuan dikarenakan melepaskan energi (Gambar 1.1.). Energi bahan peledak ada dua jenis, yaitu :

1. *Work Energy*, merupakan energi peledakan yang menyebabkan pecahnya batuan. Pada peledakan suatu benda padat akan timbul tekanan detonasi (*detonation pressure*) dan tekanan peledakan (*explosion pressure*) yang merupakan efek dari *shock energy* dan *gas energy* hasil dari perubahan kimia bahan peledak. Untuk bahan peledak dari jenis *high explosive*, pertama kali akan terjadi tekanan detonasi yang kemudian diikuti tekanan peledakan, sedangkan untuk bahan peledak *low explosive* hanya terjadi tekanan peledakan. Bahan peledak *high explosive* mempunyai kecepatan penjaran reaksi yang lebih besar dari kecepatan penjaran suara dalam bahan peledak, yang dikenal sebagai kecepatan detonasi. Kecepatan detonasi ini menyebabkan timbulnya gelombang kejut (*shock wave*) yang terletak didepan daerah reaksi utama (*primary reaction zone*) dalam kolom bahan peledak. Gelombang kejut ini yang menyebabkan timbulnya tekanan detonasi.



Sumber : Charles H. Dowding, 1984

**Gambar 1.1 Distribusi Energi Bahan Peledak**

2. *Waste Energy*, merupakan energi yang dilepaskan tidak untuk membentuk fragmen batuan. *Waste energy* terdiri dari *light, heat, sound* dan *seismic energy*. Energi-energi ini, terutama *seismic* dapat menimbulkan efek yang tidak menguntungkan dalam kegiatan peledakan. Bahan peledak melepaskan energi dan menghasilkan *rock fracturing, plastic deformation* dan *elastic deformation* pada batuan. Energi peledakan yang menyebabkan terjadinya *elastic deformation* dapat menghasilkan *stress waves* yang merambat melalui massa batuan. Energi peledakan membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas *elastic* batuan untuk memecahkan satuan batuan. Proses pemecahan batuan ini akan berlangsung terus hingga energi yang dihasilkan oleh bahan peledak makin lama makin berkurang dan menjadi lebih kecil dari kekuatan batuan sehingga proses pemecahan batuan terhenti. Energi yang tersisa (*seismic energy*) akan menjaral melalui batuan, mengakibatkan deformasi dalam batuan tetapi tidak memecahkan batuan, karena masih di dalam batas elastisnya. Hal ini 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.

## 1.2. Getaran Tanah

Getaran tanah (*ground vibration*) merupakan gelombang yang bergerak didalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktifitas peledakan (Bieniawski, 1989 dalam Maryura, 2014). Getaran tanah terjadi pada daerah elastis (*elastic zone*). Didalam ini tegangan yang diterima material lebih kecil dari kuat material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali pada keadaan semula setelah tidak ada tegangan yang berkerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang elastis. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur disekitar lokasi terjadinya operasi peledakan. Tidak hanya itu getaran tanah juga dapat menyebabkan guncangan pada bangunan yang mengakibatkan gangguan berupa ketidaknyamanan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan.

## 1.3. Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Tanah

Beberapa penelitian yang telah dilakukan, seperti Rudini (2012), Zulfahmi (2013), Maryura, dkk (2014) dalam usaha menentukan hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat getaran. Dua faktor prinsip yang mempengaruhi tingkat getaran hasil peledakan yaitu :

1. Jumlah muatan bahan peledak maksimum yang meledak secara bersamaan dalam sistem periode rangkaian inisiasi peledakan.
2. Jarak dari lokasi peledakan, pengaruh jarak terhadap tingkat getaran apabila jarak pengukuran lokasi peledakan semakin jauh maka getaran yang

dihasilkan juga semakin kecil. Pada kenyataannya dilapangan banyak sekali variabel-variabel yang berpengaruh terhadap besarnya getaran yang ditimbulkan oleh kegiatan peledakan. Variabel-variabel tersebut dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Variabel yang dapat dikontrol, merupakan variabel yang dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Beberapa contoh variabel yang dapat dikontrol, antara lain :
  - Arah dan kemiringan lubang ledak
  - Pola pemboran
  - Diameter lubang ledak
  - Sifat bahan peledak
  - Distribusi bahan peledak
  - Pola peledakan
  - Waktu tunda dan arah peledakan
- b. Variabel yang tidak dapat dikontrol adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara ilmiah. Beberapa contoh variabel yang tidak dapat dikontrol, antara lain :
  - Karakteristik massa batuan
  - Struktur geologi
  - Pengaruh air

## 1.4. Alat Pengukur Getaran Tanah

Alat yang digunakan untuk mengukur getaran tanah hasil peledakan dilapangan adalah *Blastmate* III (Gambar 1.2.). Alat ini memiliki tiga saluran yang terdiri dari saluran perekam getaran yang ditimbulkan dari hasil peledakan yang terdiri dari tiga komponen gerakan batuan pada arah transversal, vertikal dan longitudinal (Radial).

Saluran kedua adalah saluran yang digunakan untuk merekam airblast yang ditimbulkan selama proses peledakan, saluran tiga adalah saluran untuk

mengkoneksi alat ke komputer/laptop (output data hasil rekaman baik itu dari hasil getaran maupun hasil suara ledakan). Alat ini terdiri dari :

1. *Ground Vibration Monitor Blastmate III*
2. *Geophone*
3. *Soundlevel Meter*
4. *Notebook and Software Blastware*



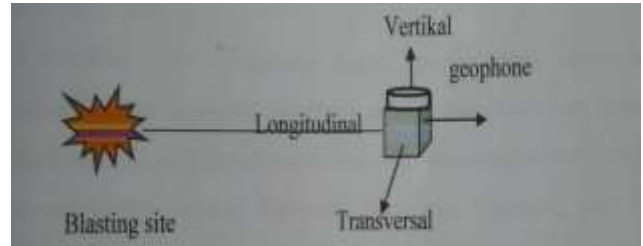
**Gambar 1.2. Blastmate III**

Prinsip kerja Blastmate III dalam menangkap gelombang adalah getaran mekanis dari kegiatan peledakan diterima oleh sensor *geophone* diubah menjadi getaran listrik, lalu diproses menjadi bentuk *numeric* dan disimpan didalam *memory* alat dan dapat dilihat secara mendetail melalui komputer (Gambar 2.8). Sedangkan untuk prinsip kerja Seismograf pada *Blastmate III* yaitu mengubah masukan yang berupa getaran tanah menjadi gaya pegas/sinyal listrik (tergantung jenis seismograf) sehingga diperoleh keluaran berupa seismograf/angka yang dapat dibaca pada monitor (Gambar 1.4.).



Sumber : Scott, 1996

**Gambar 1.3. Prinsip Kerja Penangkapan Gelombang**



Sumber : Scott, 1996

**Gambar 1.4. Arah Gelombang Yang Ditangkap Sensor**

### 1.5. Kontrol Getaran Hasil Peledakan

Mengingat belum adanya teori yang dapat menentukan besaran getaran pada berbagai jarak dengan memperhitungkan semua sifat-sifat terpenting batuan, maka salah satu jawaban yang dapat di ambil adalah penyelesaian secara empiris yaitu *scaled distance*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Maryura, dkk (2014), terdapat beberapa metode yang dapat mengurangi getaran tanah, antara lain :

1. Pengaturan Geometri Peledakan  
Geometri peledakan meliputi : *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, *power charging*, dan diameter lubang ledak. Pengaturan geometri peledakan dilakukan dengan merujuk pada perhitungan geometri peledakan menggunakan formula yang sudah dikenal secara umum. Selain itu, penentuan geometri peledakan juga berdasarkan pada hasil evaluasi kegiatan peledakan sebelumnya.
2. Isian Bahan Peledak Per Delay  
Pengurangan bahan peledak diharapkan dapat mengurangi getaran. Dalam menentukan jumlah bahan peledak agar tidak menimbulkan getaran yang dapat merusak struktur bangunan harus diperhatikan dua hal, yaitu :
  - a. Besaran vibrasi yang merupakan fungsi dari jumlah bahan peledak per waktu tunda jarak struktur dan sifat media penghantar gelombang.
  - b. Kriteria kerusakan struktur itu sendiri meliputi kecepatan partikel aktual.
3. Penggunaan Delay

Peledakan delay mengurangi tingkat getaran sebab setiap delay menghasilkan masing-masing gelombang seismik yang kecil yang terpisah. Gelombang hasil delay pertama telah merambat pada jarak tertentu sebelum delay selanjutnya meledak. Kecepatan perambatan tergantung pada jenis batuanannya.

4. Penggunaan Metode Presplitting Digunakan untuk melindungi *bench* disekitar area peledakan, umumnya digunakan pada *slope* akhir. Metode ini dilakukan dengan cara membuat *row* sepanjang bagian yang akan berhadapan dengan dengan *bench* pada lokasi peledakan.

### 1.6. Scaled Distance

Cara yang praktis untuk mengontrol getaran adalah dengan menggunakan *Scaled Distance*, sehingga memungkinkan pelaksana lapangan menentukan jumlah bahan peledak yang diperlukan atau jarak aman untuk muatan bahan peledak yang jumlahnya telah ditentukan. Dengan menggunakan sistem metrik *scaled distance* yang dapat dirumuskan (Downing, 1984) sebagai berikut:

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}}$$

Dimana :

D = Jarak dari muatan peledakan ke pengukuran

W = Muatan maksimum bahan peledak per waktu tunda dengan toleransi 8 ms/delay dianggap meledak bersamaan.

### 1.7. Scaled Distance yang Disesuaikan

Peraturan *scaled distance* (SD) menunjukkan kondisi-kondisi dimana pekerjaan peledakan tidak boleh dilakukan. Pengaturan kembali hukum *scaled distance* diperlukan seandainya harga SD tidak lagi sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan operasi. Pengaturan ini didasarkan pada alasan bahwa tingkat getaran akibat peledakan selalu berada dalam batas aman. Pernyataan

tersebut harus dibuktikan oleh pengukuran seismik.

Cara pengaturan SD yang dipergunakan yaitu : PVS vs SD. Metode ini meliputi pengukuran PVS dan perhitungan SD dari value data. Data harus tersebar dari harga yang rendah sampai harga yang tetinggi, dapat diperoleh dengan cara peledakan berturut-turut dan setiap kali peledakan letak lokasi peledakan dirubah sehingga jarak pengukuran semakin bervariasi.

### 1.8. Hukum Perambatan (*Propation Law*)

Hubungan yang menyatakan ketergantungan kecepatan partikel pada berat muatan per waktu tunda dan jarak dapat dikombinasikan dan dikembangkan ke dalam hukum perambatan. Faktor yang mempengaruhi tingkat getaran akibat ledakan suatu muatan bahan peledak adalah : jarak dan muatan maksimum per waktu tunda. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam usaha menentukan antara faktor-faktor tersebut dengan tingkat getaran.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam usaha menentukan besarnya kecepatan partikel puncak (PPV) yang dihasilkan dalam sebuah peledakan maka dapat ditentukan berdasarkan persamaan USBM (Simangunsong, 2009) adalah :

$$PPV = K \left[ \frac{D}{W^\alpha} \right]^m$$

PPV = *Ground Vibration as Peak article Velocity* (mm/s)

D = Jarak muatan maksimum terhadap lokasi pengamatan (m)

W = Muatan bahan peledak maksimum per periode tunda 8ms (kg)

K = Tetapan yang tergantung pada kualitas batuan

$\alpha$  = Scaling faktor untuk cepat rambat gelombang partikel

Karena  $SD = \frac{D}{\sqrt{W}}$  Sehingga  $PPV = K(SD)^m$

$m$  = Tetapan yang tergantung pada keadaan geologi antara titik ledak dan pengamatan

### 1.9. Analisis Regresi Linier Sederhana

Analisis regresi linier sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Rumus regresi linear sederhana sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = Variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X = Variabel independen

a = Konstanta (nilai Y' apabila X = 0)

b = Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

Alasan penggunaan analisis regresi linier sederhana karena secara teori persamaan *peak particle velocity* :  $PPV = K (SD)^m$ , dapat diubah kedalam bentuk  $Y = a + bX$  menjadi  $\text{Log } PPV = \text{Log } K + m \text{Log } (SD)$ , sehingga :

Y = variabel tetap (Log PPV)

X = Variabel peubah (Log SD)

a = Konstanta

b = Exponensial

### 1.10. Koefisien Korelasi dan Koefisien Determinasi

Koefisien korelasi (R) adalah suatu angka yang menunjukkan tinggi rendahnya derajat antara dua variabel atau lebih. Koefisien korelasi besarnya sudah tertentu, yaitu variasi antara -1 dan +1.

1.  $R < 0$  = Derajat berhubungan antara dua variabel menunjukkan hal yang berlawanan (Koefisien korelasi negatif).

2.  $R > 0$  = Derajat hubungan antara dua variabel menunjukkan hal yang sejajar atau paralel (Koefisien korelasi positif)
3.  $R = 0$  = Tidak ada hubungan sama sekali antara dua variabel.

Sedangkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) menyatakan besar sumbangan pengaruh variabel bebas X terhadap variabel tak bebas Y. Sifat-sifat koefisien determinasi merupakan besaran non negatif batasnya adalah  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Koefisien korelasi R adalah ukuran hubungan linier antara dua variabel/peubah acak X dan Y untuk mengukur sejauh mana titik-titik menggerombol sekitar sebuah garis. Untuk menentukan tingkat korelasi (Tabel I.1) adalah sebagai berikut :

**Tabel I.1. Pedoman Untuk Memberikan Interpretasi Koefisien Korelasi**

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00-0.199	Sangat Rendah
0.20-0.399	Rendah
0.4-0.599	Sedang
0.6-0.799	Kuat
0.8-1.0	Sangat Kuat

### 1.15. Standar Vibrasi Peledakan

Baku tingkat getaran peledakan tambang terbuka terhadap bangunan menggunakan *peak vector sum* sebagai pembandingnya. *Peak vector sum* adalah resultan dari PPV dari tiga jenis gelombang yang di ukur dan *peak vektor sum* sering disebut dengan istilah PPV aktual karena fungsinya sebagai pembanding dalam penentuan kecepatan partikel getaran tanah berdasarkan SNI 7571 : 2010 (Tabel I.2).

**Tabel I.2. Standar Ppv Berdasarkan Kelas Dan Jenis Bangunan**

Kelas	Jenis Bangunan	PPV (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar	2

	budaya (Undang-undang No. 6 tahun 1992)	
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dan kayu dan lantainya diberi adukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balok	7-20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja	12-40

Sumber : SNI 7571:2010

Sedangkan Kriteria Standar Getaran di Indonesia berdasarkan dampak kerusakan KEPMEN Lingkungan Hidup No. 49/men LH/11/1996, tentang baku mutu tingkat getaran (Tabel I.3).

**Tabel I.3. Baku Tingkat Getaran Kejut**

Kelas	Jenis Bangunan	PVS/PPV Maksimum (mm/s)
1	Diperuntukan pada warisan sejarah dan bangunan kuno yang mempunyai nilai sejarah yang tinggi	2
2	Bangunan dan kerusakan yang sudah ada, tampak keretakan-keretakan pada tembok	5
3	Bangunan untuk dalam kondisi teknis yang baik ada kerusakan-kerusakan kecil seperti : plesteran yang retak	10
4	Bangunan "kuat" (misalnya : bangunan industri terbuat dan beton atau baja)	10-40

Sumber : KEP-49/MENLH: 11:1996

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Pada penelitian ini akan menganalisis nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) sebagai nilai getaran tanah yang dikorelasikan dengan jumlah bahan peledak dan jarak peledakan pada Lokasi Kerja PT. Semen Baturaja tahun 2016. Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah BlastMate III untuk mengukur nilai getaran tanah. Selain itu juga digunakan GPS untuk menentukan jarak pengukuran antara lokasi peledakan dengan daerah terdampak.

### 2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Lokasi Kerja Quarry Batu Kapur PT. Semen Baturaja (Persero). Tempat pengukuran PPV dilakukan pada lokasi pemukiman penduduk yang berbatasan langsung dengan lokasi penambangan batu kapur PT. Semen Baturaja.

### 2.3. Pengambilan Data

Data yang terdapat dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Data Primer  
Merupakan data yang diperoleh langsung dari pengamatan dan perhitungan dilapangan. Adapun data primer yang akan diambil langsung dilapangan antara lain :
  - a. Data *peak particle velocity* dari hasil pengukuran dengan menggunakan Blastmate III.
  - b. Dokumentasi-dokumentasi kegiatan peledakan
2. Data Sekunder  
Merupakan data yang diperoleh dari sumber bacaan, seperti majalah, jurnal ilmiah, buku dan data-data perusahaan. Adapun data primer yang akan diambil langsung dilapangan antara lain :
  - a. Peta lokasi
  - b. Data perencanaan kegiatan peledakan
  - c. Spesifikasi bahan peledak
  - d. Sifat fisik batuan
  - e. Geometri Peledakan, meliputi : *Burden, Spacing, Stemming*, kedalaman lubang ledak.



- f. Jumlah bahan peledak yang dibutuhkan
- g. Jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengamatan.

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan dengan cara :

1. Observasi Lapangan  
Merupakan pengamatan terhadap kondisi dan keadaan langsung yang ada dilapangan, khususnya pada kegiatan peledakan. Kegiatan ini sangat berguna sebagai langkah awal untuk memulai proses pengambilan data.
2. Pengambilan Data Hasil Pengukuran Getaran  
Dilakukan pada areal pemukiman disekitar areal tambang PT. Semen Baturaja. Alat yang digunakan dalam pengukuran getaran adalah BlastMate III
3. Pengambilan Data Jarak Pengukuran  
Pengukuran jarak dilakukan antara lokasi peledakan dengan areal pemukiman penduduk terdekat dilakukan dengan menggunakan GPS.
4. Data Jumlah Muatan Per delay  
Pendataan muatan bahan peledak dikelompokkan berdasarkan jumlah bahan peledak yang terisi pada lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

Pekerjaan yang dilakukan dalam upaya pengambilan data-data tersebut, antara lain :

1. Pengamatan dan pencatatan langsung dilapangan, meliputi pengamatan kondisi lokasi peledakan dan pengukuran kedalaman lubang ledak.
2. Melakukan wawancara langsung dengan pihak-pihak yang berkompeten dalam kegiatan peledakan.
3. Melakukan pengambilan data jumlah muatan bahan peledakan secara keseluruhan dan berdasarkan waktu delay.
4. Melakukan pengukuran tingkat getaran tanah serta jarak lokasi peledakan terhadap lokasi pengukuran getaran.

## 2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data untuk menganalisis pengaruh jarak dan muatan lubang ledak terhadap getaran hasil dari aktifitas peledakan yang telah dilakukan menggunakan persamaan  $PVS = -0,1187SD + 6,2026$ .

## 2.5. Analisis Data

Data yang diperoleh pada studi ini disajikan dalam bentuk Tabel dan Grafik selanjutnya dianalisis secara mendalam untuk mengetahui hubungan antar variabel tersebut. Dari hasil analisis ini diperoleh hubungan antara *Scale distance* yang meliputi faktor jarak peledakan dengan titik penelitian dan muatan bahan peledak per waktu tunda dengan getaran tanah yang ditimbulkan dari aktivitas peledakan. Apabila setelah dilakukan pengukuran ditemukan adanya getaran tanah yang melebihi ketentuan yang telah ditetapkan, maka akan dilakukan upaya *Control Blasting*.

## 3. Hasil Penelitian

### 3.1. Jenis Bangunan dan Jenis Kerusakan

Jenis perumahan yang terdapat di sekitar lokasi tambang PT. Semen Baturaja, khususnya di daerah Talang Jawa dan Pular, merupakan perumahan dengan pondasi termasuk pondasi dengan kayu, pasangan bata, dinding bangunan ada yang di plaster menggunakan adukan semen biasa namun ada juga yang tidak menggunakan plaster, dan lantainya diberi adukan semen. Jika mengacu pada standar SNI 7571:2010 Tentang Baku Tingkat Getaran Peledakan Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan, maka bangunan yang terdapat disekitar lokasi tambang PT. Semen Baturaja merupakan bangunan kelas 2.

Warga disekitar lokasi tambang meng-klaim bahwa rumah mereka retak-retak akibat dari aktivitas peledakan yang dilakukan oleh PT. Semen Baturaja. Jenis kerusakan rumah warga yaitu keretakan pada dinding yang merupakan susunan

batubata maupun dinding yang sudah diplaster menggunakan adukan semen.

### 3.2. Hasil Pengukuran *Ground Vibration*

Kegiatan pengukuran *ground vibration* dilakukan pada tanggal 19 Mei 2016 – 30 Juni 2016. Pengukuran *ground vibration* dilakukan di dua lokasi yaitu di talang jawa dan di belakang SMP 7 Puser. Besaran hasil pengukuran *ground vibration* sangat beragam mulai dari 0,180 mm/s hingga 3,76 mm/s.

#### 3.2.1. Hasil Pengukuran Di Talang Jawa

Kegiatan pengukuran *ground vibration* di lokasi talang jawa dilakukan sebanyak 194 kali peledakan. Jumlah pemakaian bahan peledak rata-rata yaitu sebesar 92.4 Kg, dengan jarak rata-rata sebesar 411 m. Sedangkan rata-rata *Peak Vector Sum* (PVS) yang dihasilkan yaitu 0.634 mm/s (Lampiran B). Untuk hasil pengukuran di Talang Jawa telah dirangkum dalam sebuah tabel distribusi frekuensi (Tabel III.1.).

**Tabel III.1. Distribusi Frekuensi Hasil Pengukuran Di Talang Jawa**

Interval PVS (mm/s)	Standar PVS (mm/s)	jumlah peledakan
0.171 - 0.560	3	120
0.561 - 0.950	3	34
0.951 - 1.340	3	19
1.341 - 1.730	3	10
1.731 - 2.120	3	3
2.121 - 2.510	3	5
2.511 - 2.900	3	0
2.901 - 3.290	3	3
Jumlah		194

#### 4.3.2.2. Hasil Pengukuran di Desa Puser

Pengukuran *ground vibration* dari peledakan di blok 53 dilakukan sebanyak 39 kali peledakan. Rata-rata jumlah pemakaian bahan peledak yaitu 64.73 Kg dengan jarak rata-rata 316 m, sedangkan PVS yang ditimbulkan rata-rata sebesar 1.014 mm/s.

Untuk hasil pengukuran di Puser telah dirangkum dalam sebuah tabel distribusi frekuensi (Tabel III.2.).

**Tabel III.2. Distribusi Frekuensi Hasil Pengukuran Di Puser**

Interval PVS (mm/s)	Standar PVS (mm/s)	jumlah peledakan
0.179 -0.878	3	20
0.879-1.478	3	12
1,479-2.078	3	3
2.079-2.678	3	2
2.679-3.278	3	1
3.278-3.877	3	1
total		39

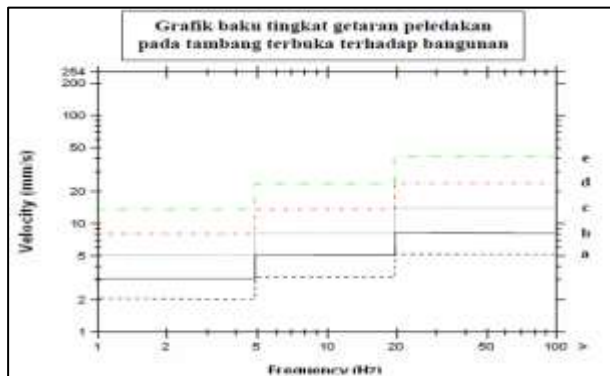
## 4. Pembahasan Hasil Penelitian

### 4.1. Analisis Data Pengukuran *Ground Vibration*

Penyelidikan kerusakan pada bangunan atau rumah warga disekitar lokasi tambang akibat *ground vibration* yang disebabkan oleh aktivitas peledakan lebih baik melakukan pendekatan terhadap kecepatan getaran tanah (*Peak Particle Velocity*) dibandingkan dengan pendekatan dengan *acceleration* atau *displacement*. Pada pembacaan *ground vibration* menggunakan *Blastmate III*, terdapat tiga besaran *Peak Particle Velocity* (PPV) yaitu PPV pergerakan gelombang *Transveral*, *Vertikal* dan *Longitudinal*. Namun besaran *ground vibration* yang paling berpengaruh dalam melakukan pendekatan terhadap kerusakan rumah warga yaitu pada gelombang *Vertical* atau gelombang permukaan (gelombang *Rayleigh*). Gelombang permukaan dapat menimbulkan gangguan yang berarti sepanjang permukaan tanah. Tetapi, hasil pengukuran *ground vibration* menunjukkan bahwa PPV pada gelombang vertical merupakan nilai yang paling rendah dibandingkan PPV gelombang lainnya. Rata-rata urutan besaran *ground vibration* (PPV) mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil yaitu pada gelombang Longitudinal di ikuti gelombang Transversal lalu yang terakhir adalah gelombang Vertical (R-wave) (Lampiran

B).Oleh karena itu dilakukan pendekatan terhadap PVS.

SNI 7571:2010 menetapkan *ground vibration* maksimal yang ditimbulkan oleh aktivitas peledakan terhadap bangunan warga khususnya warga Talang Jawa dan Desa Puser (Bangunan kelas 2 atau b) yaitu dengan besaran *Peak Vector Sum* (PVS) sebesar 3 – 5 mm/s dengan nilai PPV antara 3, 5 dan 7 tergantung dari frekuensi dari getaran tersebut (Gambar 4.1)



**Gambar 4.1. Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Tambang Terbuka Terhadap Bangunan**

Berdasarkan hasil pengukuran *ground vibration* yang dilakukan pada tanggal 19 Mei 2016 hingga 30 Juni 2016 menunjukkan bahwa besaran *ground vibration* yang mengarah di Talang Jawa masih dibawah 3 mm/s atau dibawah standar yang telah ditetapkan oleh SNI sehingga *ground vibration* tersebut tidak berpotensi menyebabkan kerusakan bangunan warga talang jawa. Sedangkan pada pengukuran di SMP 7 Puser menunjukkan adanya nilai PVS sebesar 3,76 mm/s dengan frekuensi 19 Hz. Berdasarkan standar SNI maka dengan frekuensi 19 Hz maksimal getaran yang dapat berpotensi merusak bangunan yaitu dengan PPV 5 mm/s sehingga *ground vibration* sebesar 3,76 mm/s masih dibawah standar dan tidak berpotensi menyebabkan kerusakan bangunan warga desa Puser.

#### 4.2. Analisis Scaled Distance (SD) Terhadap Peak Vector Sum (PVS)

Lokasi peledakan yang dipilih untuk mencari dan menganalisis hubungan antara

SD dan PVS adalah batu kapur di blok 10,17A, dan 18A. Tingkat kekerasan batuan pada daerah tersebut yaitu sedang sampai keras dan kompak.

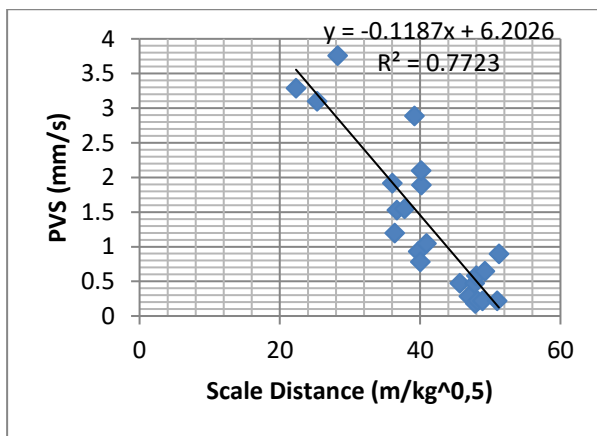
Jumlah bahan peledak yang digunakan selama pengamatan dilapangan yaitu antara 30 kg – 135 kg, sedangkan jarak pengukuran yang dipilih bervariasi yaitu antara 230 m – 500 m. Dengan diketahui jumlah bahan peledak dan jarak pengukuran terhadap lokasi peledakan maka dapat diketahui nilai *Scaled Distance*. Nilai *scaled distance* yang diambil yaitu pada rentang 22 – 60 karena pada saat *scaled distance* lebih dari 60 menghasilkan getaran kurang dari 0.220 mm/s. *Blastmate III* Menunjukkan hasil pengukuran getaran saat tidak ada peledakan dengan nilai antara 0.180 – 0.220 mm/s sehingga getaran dengan nilai dibawah atau sama dengan 0.220 menunjukkan bahwa sama dengan tidak terjadi *ground vibration*. Berikut hasil pengukuran *ground vibration* dengan menggunakan alat *Blastmate III* (Tabel IV.1.).

**Tabel IV.1. Hasil Pengukuran Ground Vibration Peledakan Batu Kapur**

pel-ke	jumlah handak (Kg)	jara k (m)	SD	PVS (mm/s)	PSPL (dB)	Freq (Hz)	Peak Particle Velocity (mm/s)		
							Tra ns	Ver t	Lon g
1	112	236	22,3	3,29	64,8	27	2,79	1,4	2,41
2	96	248	25,31	3,1	66,4	39	3,05	1,9	2,92
3	122	398	36,03	1,92	68,1	23	1,27	0,635	1,14
4	112,5	386	36,39	1	54,3	20	0,889	0,762	0,889
5	40	232	36,68	1,53	64,6	34	1,14	0,889	1,4
6	96	365	37,25	0,381	62	>100	0,254	0,254	0,254
7	105	387	37,77	1,55	71,9	17	1,78	0,762	0,889
8	105	407	39,72	0,933	71,1	N/A	0,381	0,635	0,889
9	105	410	40,01	0,783	71,3	28	0,508	0,508	0,635
10	105	419	40,89	1,05	60,5	30	1,02	0,508	0,635
11	30	250	45,64	0,475	61,5	39	0,381	0,254	0,381
12	96	460	46,95	0,284	67	N/A	0,254	0,127	0,127
13	84	438	47,79	0,475	57,4	30	0,254	0,254	0,381
14	96	469	47,87	0,18	66,9	>101	0,127	0,127	0,127
15	35	284	48	0,582	66,7	73	0,381	0,381	0,508
16	112	510	48,19	0,22	66,7	>101	0,127	0,127	0,127

pel-ke	jumlah handak (Kg)	jarak (m)	SD	PVS (mm/s)	PSPL (dB)	Freq (Hz)	Peak Particle Velocity (mm/s)		
							Trans	Vert	Long
17	96	479	48,89	0,22	66,9	>101	0,127	0,127	0,127
18	76	429	49,21	0,648	63,9	28	0,635	0,508	0,508
19	80	456	50,98	0,22	67,8	>100	0,127	0,127	0,127
20	40	324	51,23	0,898	55	27	0,889	0,381	0,635
21	42	447	68,97	0,284	68,5	>100	0,254	0,127	0,127
22	30	380	69,38	0,44	56,9	>100	0,254	0,254	0,254
23	40	538	85,07	0,22	67,1	>100	0,127	0,127	0,127
24	30	545	99,5	0,22	69	>100	0,127	0,127	0,127

Hasil pengukuran *ground vibration* seperti pada Tabel IV.1. menunjukkan bahwa terdapat beberapa data pengukuran pada saat *scaled distance* yang relative sama memberikan hasil pengukuran satu dan yang lainnya sangat berbeda seperti pada *scaled distance* 36 m/kg<sup>0.5</sup> menghasilkan getaran masing masing 1,92 mm/s dan 2,1 mm/s, hal ini wajar terjadi karena pada batuan tidak ada yang homogen. Dari data *scaled distance* dan PVS diatas dilakukan analisis dengan regresi linier (Gambar 4.1.).



**GAMBAR 4.5 HUBUNGAN SD DAN PVS**

Pada analisis regresi linier di atas menunjukkan bahwa adanya hubungan antara SD dan PVS yaitu semakin besar nilai *scaled distance* maka *ground vibration* yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya (Persamaan 4.1).

$$PVS = -0,1187SD + 6,2026..... (4.1)$$

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari hasil analisis diatas yaitu sebesar 0,7723 yang menandakan bahwa besaran *ground*

*vibration* dipengaruhi oleh *scaled distance* sebesar 77,23 %, Koefisien determinasi tersebut merupakan nilai yang bersifat kuat sehingga dapat menjadi acuan dalam mengontrol *ground vibration* dengan mempertimbangkan jarak dan jumlah bahan peledak yang akan digunakan.

### 5. Kesimpulan

Hasil penelitian *ground vibration* yang dilaksanakan di PT. Semen Baturaja (Persero), dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengukuran *ground vibration* pada tanggal 19 Mei hingga 30 Juni 2016 menunjukkan bahwa nilai PVS terkecil yang diukur di Talang Jawa adalah 0,127 dan nilai PVS yang paling besar 3,29 mm/s dengan PVS rata-rata 0.634 mm/s. Sedangkan nilai PVS terkecil yang diukur di Desa Puser yaitu 0,18 mm/s dan nilai PVS yang paling besar 3,76 mm/s dengan PVS rata-rata 1.014 mm/s.
2. Mengacu pada standar SNI 7571:2010 tentang baku tingkat getaran peledakan terhadap bangunan kelas dua maka *ground vibration* yang ditimbulkan dari kegiatan peledakan PT. Semen Baturaja (Persero), Tbk tidak berpotensi merusak struktur pemukiman warga. Namun pada *final slope* perlu selalu dilakukan pemantauan mengingat jaraknya yang dekat dengan lokasi peledakan, selain itu struktur batuan yang ada mempunyai banyak bidang perlapisan yang merupakan bidang lemah.
3. Hasil analisis regresi linier terhadap data hasil pengukuran menunjukkan bahwa 77,23 % *Ground Vibration* (PVS) dipengaruhi oleh *Scaled distance*.

### 6. Daftar Pustaka

Bender, Wesley L., 2007, *Understanding Blast Vibration And Airblast, Their Causes, And Their Damage Potential*, Workshop of Golden West Chapter of The International Society of Explosive Engineers, USA.

- BSN, 2010, *Standar Nasional Indonesia Nomor 7571 Tentang Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Tambang Terbuka Terhadap Bahan Bangunan*, Badan Standarisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Dowding, Charles H., 1984, *Effects of Repeated Blasting on a Wood Frame House*, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, USA.
- Fahlevi, Rendy & Sulistianto, Budi & Husni, Bustanil., 2012, *Perangkat Lunak Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan*, Jurnal Teknologi Mineral (JTM) Vol. XIX No. 2, Bandung.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 1996, *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 49 Tentang Baku Tingkat Getaran*, Departemen Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Koesnaryo, S., 2012, *Beberapa Penyelidikan Geomekanika Yang Mudah Untuk Mendukung Rancangan Peledakan*, Prosiding Simposium dan Seminar Geomekanika Ke-1, Jakarta.
- Konya, CJ, 1995, *Blast Design*, Intercontinental Development, Montville, Ohio, USA.
- Maryura, Rizki & Toha, M Taufik & Sudarmono, Djuki., 2014, *Kajian Pengurangan Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada Operasi Peledakan Interburden B2-C Tambang Batubara Air Laya PT. Bukit Asam (Persero), Tbk Tanjung Enim*, Jurnal Ilmu Teknik FT UNSRI, Vol. 2 No. 1., Palembang.
- Matondang, Zulkifi, 2012, *Perhitungan Uji Linieritas dan Keberartian Persamaan Regresi*. Materi Statistik Online, Diunduh tanggal 23 Agustus 2015.  
<http://www.zulkiflimatondang.com/>
- Noviansyah, M. Roni & Toha, M. Taufik & Bochori, 2016, *Rancangan Sistem Waktu Tunda Peledakan Nonel Untuk Mengurangi Efek Getaran Tanah Terhadap Fasilitas Tambang*, Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Teknologi (SICEST).
- Puspitasari, Linda & Khumeaedi & Supriyadi, 2012, *Analisis Kecepatan Gelombang Mekanik Kompresi P (VP) Pada Batuan Sedimen Dengan Memanfaatkan Science Workshop 750 Interface*, Unnes Physics Journal Vol. 1 No. 1, Semarang.
- Rizky, Muhammad & Toha, M. Taufik & Sudarmono, Djuki, 2016, *Kontrol Vibrasi Tanah Pada Operasi Peledakan Overburden Dengan Menggunakan Metode Signature Hole*, Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Teknologi (SICEST).
- Rudini, 2012, *Analisis Ground Vibration Pada Peledakan Overburden Di Panel 4 Pit J PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta, Kalimantan Timur*, Jurnal Teknologi Pertambangan, UPN, Yogyakarta.
- Simangunsong, Ganda M. & Rajagukguk, L.L., 2009, *Perkiraan Getaran Tanah Akibat Peledakan Menggunakan Sistem Kecerdasan Jaringan Syaraf (Artificial Neural Network)*, Prosiding Temu Profesi Tahunan (TPT) XVIII PERHAPI, Jakarta.
- Simbolon, Aljon A M & Yani, Muhammad & Irzaman, 20015, *Dampak Kegiatan Peledakan Pertambangan Andesit Terhadap Lingkungan Pemukiman Di Gunung Sudamanik Kecamatan Cigudek Kabupaten Bogor*, Jurnal Manusia Dan Lingkungan Vol. 2 No. 2, Bogor.
- Yasman, Wahyudi & Hakim, Lukman & Turupadang, Welly., 2014, *Studi Pengaruh Getaran Tanah akibat Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Lowwall Pit E Tambang Binungan PT. Berau Coal*. Prosiding Temu Profesi Tahunan (TPT) XXIII PERHAPI, Makasar, Sulawesi Selatan.