

Analisis Pengaruh Tingkat Getaran Tanah terhadap Jarak dan Muatan Bahan Peledak per Delay di Area Penambangan Phase 6 Pit Batu PT Amman Mineral Nusa Tenggara

Analysis of Ground Vibration Level Influence to Distance and Explosive Charge per Delay at Phase 6 Pit Batu Hijau Mining Area PT Amman Mineral Nusa Tenggara

¹Wardhani Hermawan, ²Yuliadi, ³Dwihandoyo Marmer
^{1,2,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung
Jl. Tamansari No. 1 Bandung (40116)
email: ¹wardhani.hermawan@gmail.com

Abstract. Blasting activity at Batu Hijau aims to destruct the rock from it's main form. However, blasting are always accompanied by ground vibration, caused harmful effects to slope stability and the buildings around the blasting area. Due to that case, it is necessary to conduct the ground vibration monitoring, based on material characteristics (soft, maderate and hard). Calculation of data obtained by direct measurement are done using a software named blastware. Blasting constant value (e and K) which obtained from the peak particle velocity (PPV) and scaled distance relationship formula are: $PPV_{Soft Domain} = 950 * (SD)^{-1.77}$, $PPV_{Moderate Domain} = 1155 * (SD)^{-1.85}$, dan $PPV_{Hard Domain} = 1065 * (SD)^{-1.82}$, and blasting constant value (β and n) which obtained from the peak particle acceleration (PPA) and scaled distance relationship formula are: $PPA_{Soft Domain} = 2024245 * (SD)^{-2.52}$, $PPA_{Moderate Domain} = 191764 * (SD)^{-1.63}$, dan $PPA_{Hard Domain} = 581555 * (SD)^{-2.19}$. In advanced analysis, to know the effect of ground vibration on the stability of the Batu Hijau pit slope, it is necessary to calculate the horizontal acceleration (a) value. Horizontal acceleration consists of longitudinal waves (x) and transversal (y). To find out the maximum horizontal acceleration value, the equation is used: $a_{maks} = \sqrt{(ax^2 + ay^2)}$. To maintain the stability of the Batu Hijau pit slope, then the analysis of scaled distance relationship with maximum horizontal acceleration. To determine the value of scaled distance (SD), based on maximum horizontal acceleration value, then used equation: $SD = 4,926 * a_{maks}^{-0.391}$. Scaled distance is used as a rule in conducting blasting activities at Phase 6 pit Batu Hijau mining area.

Keywords: blasting, ground vibration, scaled distance.

Abstrak. Kegiatan peledakan di Batu Hijau bertujuan untuk memeberai batuan dari batuan induknya. Namun, kegiatan peledakan selalu disertai dengan adanya getaran tanah, sehingga mampu menimbulkan dampak negatif terhadap kestabilan lereng *pit* Batu Hijau dan struktur bangunan yang berada disekitar area peledakan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan pemantauan getaran peledakan, berdasarkan karakteristik kekerasan material (*soft*, *moderate*, dan *hard*). Pengolahan data aktual hasil kagiatan pemantauan getaran peledakan menggunakan *software blastware*, sehingga dihasilkan nilai konstanta peledakan (e dan K) dari persamaan hubungan *peak particle velocity* (PPV) dengan *scaled distance*, yaitu: $PPV_{Soft Domain} = 950 * (SD)^{-1.77}$, $PPV_{Moderate Domain} = 1155 * (SD)^{-1.85}$, dan $PPV_{Hard Domain} = 1065 * (SD)^{-1.82}$, dan nilai konstanta peledakan (β dan n) yang dihasilkan dari persamaan hubungan *peak particle acceleration* dengan *scaled distance*, yaitu: $PPA_{Soft Domain} = 2024245 * (SD)^{-2.52}$, $PPA_{Moderate Domain} = 191764 * (SD)^{-1.63}$, dan $PPA_{Hard Domain} = 581555 * (SD)^{-2.19}$. Dalam anailis lanjutan, untuk mengetahui pengaruh getaran tanah terhadap kestabilan lereng *pit* Batu Hijau, maka perlu dihitung nilai percepatan horizontal (a). Percepatan horizontal terdiri dari gelombang longitudinal (x) dan transversal (y). Untuk mengetahui nilai percepatan horizontal maksimum, maka digunakan persamaan: $a_{maks} = \sqrt{(ax^2 + ay^2)}$. Untuk menjaga kestabilan lereng *pit* Batu Hijau, maka dilakukan analisis hubungan *scaled distance* dengan percepatan horizontal maksimum. Untuk mengetahui nilai *scaled distance* (SD), berdasarkan nilai percepatan horizontal maksimum, maka digunakan persamaan: $SD = 4,926 * a_{maks}^{-0.391}$. *Scaled distance* digunakan sebagai aturan dalam melaksanakan kegiatan peledakan di area penambangan *phase 6 pit* Batu Hijau.

Kata kunci: peledakan, getaran tanah, scaled distance.

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Kegiatan peledakan di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau* bertujuan untuk memberai batuan dari batuan induknya. Namun, kegiatan peledakan selalu disertai dengan adanya getaran tanah (*ground vibration*), sehingga mampu menimbulkan dampak negatif terhadap struktur bangunan dan kestabilan lereng *pit Batu Hijau*, mengingat bahwa *pit Batu Hijau* merupakan area yang memiliki struktur geologi yang sangat kompleks. Kestabilan lereng *pit Batu Hijau* merupakan faktor primer yang sangat penting untuk diperhatikan dalam kegiatan penambangan. Oleh karena itu, perlu dilakukannya kegiatan pemantauan getaran peledakan, berdasarkan karakteristik kekerasan material (*soft, moderate, dan hard*). Data aktual hasil kegiatan pemantauan getaran peledakan digunakan untuk menentukan nilai konstanta peledakan (e dan K) dari persamaan hubungan *peak particle velocity* dengan *scaled distance* dan nilai konstanta peledakan (β dan n) dari persamaan hubungan *peak particle acceleration* dengan *scaled distance*. Nilai konstanta digunakan untuk memprediksi nilai *peak particle velocity* dan *peak particle acceleration* yang dihasilkan oleh getaran tanah akibat kegiatan peledakan di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau*, dan untuk menentukan rancangan muatan bahan peledak maksimum per *delay*.

Data aktual hasil dari kegiatan pemantauan getaran peledakan juga digunakan untuk mengetahui hubungan percepatan horizontal dengan *scaled distance*. Percepatan horizontal merupakan gelombang yang bergerak secara horizontal (longitudinal dan transversal), sehingga mampu mempengaruhi kestabilan lereng *pit Batu Hijau*. *Scaled distance* adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scaled distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan jumlah muatan bahan peledak per *delay*, sehingga nilai *scaled distance* dapat dijadikan sebagai aturan dalam melaksanakan kegiatan peledakan di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau*.

Tujuan Penelitian:

Mengetahui nilai konstanta peledakan (e dan K) pada persamaan yang dihasilkan dari hubungan *peak particle velocity* dengan *scaled distance*, yang nantinya akan digunakan untuk memprediksi nilai *peak particle velocity* dan menentukan rancangan muatan bahan peledak maksimum per *delay*.

Mengetahui nilai konstanta peledakan (β dan n) pada persamaan yang dihasilkan dari hubungan *peak particle acceleration* dengan *scaled distance*, yang nantinya akan digunakan untuk memprediksi nilai *peak particle acceleration*.

Mengetahui hubungan antara percepatan horizontal dengan *peak particle acceleration*. Mengetahui persamaan yang dihasilkan dari hubungan *scaled distance* dengan percepatan horizontal, yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai *scaled distance*.

B. Landasan Teori

Kegiatan pengeboran bertujuan untuk membuat atau menyediakan lubang ledak, berdasarkan pola pengeboran. Pola pengeboran merupakan suatu pola pada kegiatan pengeboran dengan menempatkan lubang-lubang ledak secara sistematis (Saptono, 2006). Kegiatan peledakan bertujuan untuk membongkar atau memberai batuan dari batuan induknya. Dalam melaksanakan kegiatan peledakan, maka dibutuhkan bahan peledak. Bahan peledak adalah bahan atau zat yang berbentuk cair, padat, gas atau campurannya, yang apabila dikenai suatu aksi berupa panas, benturan, gesekan akan berubah secara kimiawi menjadi zat-zat lain yang sebagian besar atau seluruhnya berbentuk gas, dan perubahan akan berlangsung dalam waktu yang sangat singkat,

disertai dengan adanya efek panas dan tekanan yang sangat tinggi. Menurut Saptono (2006), pemilihan jenis bahan peledak yang akan digunakan untuk suatu pekerjaan didasarkan pada dua kriteria dasar, diantaranya adalah bahan peledak harus mempunyai fungsi aman dan dapat disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan, dan bahan peledak harus ekonomis pada saat digunakan dan pada akhirnya memperoleh hasil yang baik. Selain daripada itu, hal yang perlu diperhatikan juga dalam melaksanakan kegiatan peledakan yaitu geometri peledakan. Geometri peledakan bertujuan untuk meningkatkan keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan dan hasil peledakan dapat tercapai sesuai dengan rencana peledakan (Saptono, 2006). Geometri peledakan terdiri dari burden, spasi, *subdrilling*, *stemming*, pajang isian bahan peledak, kedalaman lubang ledak, dan tinggi jenjang.

Getaran tanah adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, seperti kegiatan peledakan (Berta, 1997). Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan pada struktur bangunan dan mampu mempengaruhi kestabilan lereng tambang. Menurut Koesnaryo (2001) ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tingkat getaran tanah yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan. Dari beberapa faktor tersebut, akan dibagi menjadi dua variabel, diantaranya adalah:

1. Variabel yang dapat dikontrol

Merupakan faktor-faktor yang dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu kegiatan peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan, faktor-faktor tersebut diantaranya adalah:

- a. Jenis bahan peledak
- b. Total muatan bahan peledak per *delay*
- c. Rancangan *tie up*
- d. Jarak antara titik pengukuran getaran tanah dan lokasi peledakan

2. Variabel yang tidak dapat dikontrol

Merupakan faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara alamiah, faktor-faktor tersebut diantaranya adalah:

- a. Kondisi geologi
- b. Kondisi struktur geologi

Gelombang yang merambat adalah gangguan medium yang dapat berlanjut dengan sendirinya dari satu titik ke titik yang lainnya dengan membawa energi dan momentum. Gelombang mekanik adalah gelombang yang merambat melalui suatu medium baik itu udara maupun tanah atau batuan. Gelombang mekanik terjadi ketika sebagian dari medium diganggu dari posisi keseimbangannya. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang elastis, disebut gelombang seismik. Gelombang seismik dapat ditimbulkan oleh adanya aktivitas kegiatan peledakan. Menurut Richards dan Moore (1994), secara umum gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Gelombang Badan

Gelombang badan merambat melalui massa batuan dan menembus ke bagian dalam dari massa batuan. Gelombang badan dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Gelombang tekan, adalah gelombang yang menghasilkan tekanan atau pemuaian pada arah yang sama dengan arah perambatan gelombang. Gelombang tekan ini juga disebut sebagai gelombang longitudinal.
- b. Gelombang geser, adalah gelombang yang melintang (transversal) yang

bergerak tegak lurus pada arah perambatan gelombang.

2. Gelombang Permukaan

Gelombang permukaan adalah gelombang yang merambat dipermukaan, baik itu tanah maupun batuan. Gelombang permukaan dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Gelombang *love*, adalah gelombang yang bergerak seperti gelombang transversal dan terpolarisasi secara horizontal.
- b. Gelombang *rayleigh*, adalah gelombang yang gerakan partikel berputar mundur dan arah perambatan gelombang secara vertikal.

Pengukuran getaran tanah dilakukan dengan menggunakan alat *seismograf*, yaitu *minimate plus* yang dilengkapi dengan *geophone*. *Minimate plus* merupakan alat atau monitor yang berfungsi untuk mencatat dan menyimpan data hasil pengukuran getaran tanah yang direkam oleh *geophone*. *Minimate plus* secara otomatis dapat menginterpretasikan nilai dari gelombang transversal, vertikal, dan longitudinal dalam bentuk angka. Sedangkan, *geophone* adalah alat yang digunakan untuk merekam getaran tanah. *Geophone* mempunyai dua unit *independent* sensor yang terletak secara horizontal dan saling tegak lurus, dan satu *unit independent* terletak secara vertikal.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Kegiatan pemantauan getaran peledakan dilakukan berdasarkan karakteristik kekerasan material (*soft*, *moderate*, dan *hard*). Dalam melaksanakan kegiatan pemantauan getaran peledakan, ada beberapa tahapan kegiatan yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah:

1. Kegiatan Peledakan dan Muatan Bahan Peledak per *Delay*

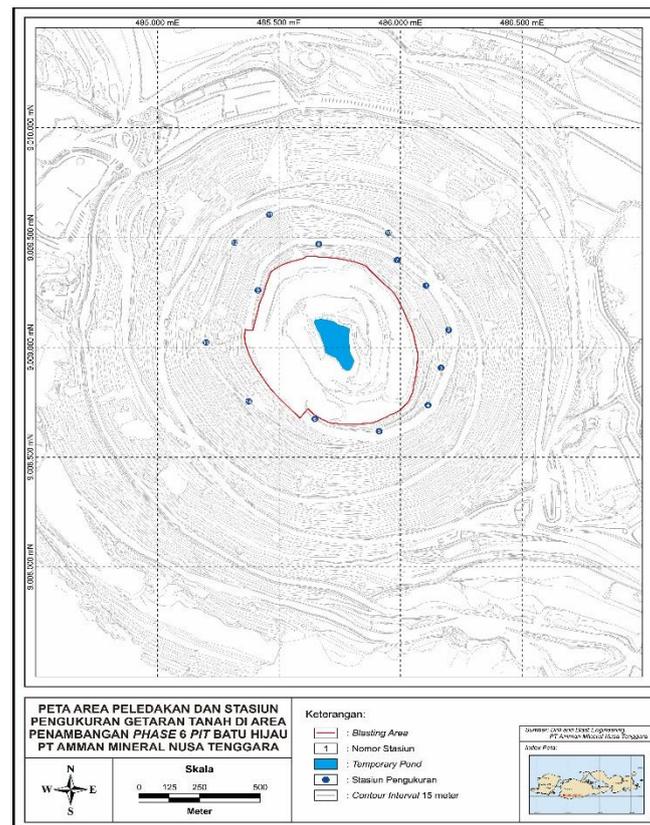
Kegiatan peledakan di Batu Hijau bagi menjadi tiga, berdasarkan tujuan dan manfaat masing-masing, diantaranya adalah peledakan *pre-split*, *trim*, dan *produksi*. Berdasarkan hasil kegiatan penelitian, bahan peledak yang digunakan dalam melaksanakan kegiatan peledakan di Batu Hijau, yaitu *flexigel* dan *fortis*. *Flexigel* adalah bahan peledak energi rendah yang memiliki *density* 0,50-0,80 gr/cm³ dengan kecepatan detonasi 2,0-3,8 km/s, dan digunakan pada peledakan *pre-split*. Sedangkan, *fortis* adalah bahan peledak energi tinggi yang memiliki *density* 1,10-1,25 gr/cm³ dengan kecepatan detonasi 3,7-6,5 km/s, dan digunakan pada peledakan *trim* dan *produksi*, namun muatan bahan peledak pada lubang ledak *produksi* lebih banyak dibandingkan dengan lubang ledak *trim*, sehingga kegiatan pemantauan getaran peledakan hanya dilakukan pada peledakan *produksi*. Total muatan bahan peledak per *delay* berhubungan dengan energi ledakan. Apabila energi ledakan yang dihasilkan oleh bahan peledak tersebut tinggi, maka getaran tanah yang akan ditimbulkan semakin besar pada jarak tertentu. Berikut ini muatan bahan peledak per *delay* yang didapatkan dari hasil penelitian di area penambangan *Phase 6 Pit* Batu Hijau (tabel 1).

2. Jarak

Jarak yang dimaksud dalam penelitian ini, yaitu jarak antara lokasi peledakan dengan titik pengukuran getaran tanah. Semakin dekat sumber ledakan dengan titik pengukuran, maka getaran yang akan terukur akan semakin besar, begitu pula sebaliknya, semakin jauh dari sumber ledakan maka tingkat getaran yang akan dihasilkan akan semakin kecil. Pada dasarnya bahwa getaran tanah pada jarak tertentu akan menghasilkan tingkat getaran yang berbeda-beda. Berikut ini data jarak yang didapatkan dari hasil kegiatan penelitian di area penambangan *Phase 6 Pit* Batu Hijau (tabel 1).

3. Pengukuran Getaran Tanah

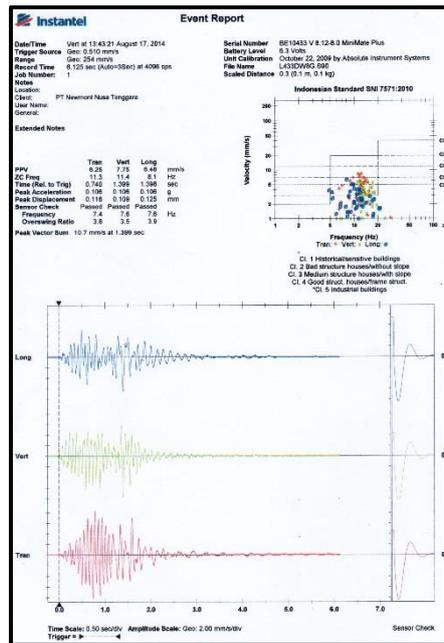
Kegiatan pengukuran getaran tanah menggunakan alat *seismograf*, yaitu *minimate plus* sebagai monitor, dan *geophone* sebagai perekam getaran tanah. Pengukuran getaran tanah dilakukan di beberapa stasiun pengamatan. Untuk mendapatkan data rekaman getaran tanah yang *valid*, maka pemasangan *geophone* harus dilakukan dengan baik dan benar. Stasiun pengamatan di Batu Hijau telah dilengkapi dengan plat baja dan beton padat yang ditanam hingga kedalaman 30 cm, namun ada beberapa stasiun pengamatan juga masih menggunakan *manual handling*. Berikut ini stasiun pengukuran getaran tanah di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau* (gambar 1).



Sumber: *Drill and Blast Engineering*

Gambar 1. Peta Area peledakan dan Stasiun Pengukuran Getaran Tanah

Hasil pengukuran getaran tanah kemudian di *download* menggunakan *software blastware*, sehingga dihasilkan *grafik blastware*. *Grafik blastware* menggambarkan amplitudo dari getaran tanah yang direkam oleh *geophone* dan terdiri dari nilai *peak particle velocity*, *peak particle acceleration*, *peak particle displacement*, *frequency*, dan lain sebagainya. Berikut ini *grafik blastware* yang didapatkan dari hasil pengukuran getaran tanah di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau* (gambar 3).



Sumber: Hasil Pengukuran Getaran Tanah, Batu Hijau

Gambar 2. Grafik Blastware

Berikut ini data aktual hasil kegiatan pemantauan getaran tanah di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau*.

Tabel 1. Data Hasil Pemantauan Getaran Peledakan

Domain	Jarak (meter)	Bahan Peledak (kg/delay)	PPV (mm/s)			PPA (g)		
			Tran	Vert	Long	Tran	Vert	Long
Soft	317.2	779	8.25	7.75	6.48	0.106	0.106	0.106
Soft	194.6	829	27.30	12.60	13.40	0.131	0.114	0.111
Soft	225.2	877	16.60	15.70	22.00	0.265	0.318	0.318
Soft	174.3	877	26.40	19.50	29.70	0.154	0.133	0.179
Soft	221.2	713	15.50	13.50	15.50	0.159	0.265	0.265
Soft	136.2	826	56.80	42.70	56.10	1.170	0.689	2.120
Soft	74.1	872	39.10	120.00	83.20	0.345	7.870	3.340
Moderate	344.4	702	5.33	3.43	5.97	0.106	0.106	0.106
Moderate	264.3	737	10.90	9.65	15.90	0.159	0.159	0.159
Moderate	81.1	897	76.50	77.90	100.00	2.120	2.440	2.810
Moderate	218.6	775	13.50	19.00	20.20	0.144	0.235	0.149
Moderate	289.0	538	5.84	3.56	5.84	0.106	0.106	0.106
Moderate	314.0	538	4.57	2.41	3.81	0.053	0.053	0.053
Hard	118.6	925	61.70	29.10	79.40	0.477	0.371	2.230
Hard	297.3	771	13.30	6.18	10.20	0.133	0.091	0.126
Hard	189.0	795	18.00	23.00	24.50	0.212	0.265	0.212
Hard	283.6	771	8.76	10.80	13.00	0.159	0.159	0.159
Hard	253.4	851	11.90	14.20	19.00	0.159	0.159	0.159
Hard	242.3	766	10.50	14.00	13.60	0.159	0.212	0.159

Sumber: Hasil Pemantauan Getaran Peledakan, Batu Hijau

Pembahasan

Pengolahan data aktual hasil kegiatan pemantauan getaran peledakan menggunakan *software blastware*. Data-data yang akan di *input* pada *software blastware* diantaranya adalah muatan bahan peledak per *delay*, jarak antara lokasi peledakan dengan titik pengukuran getaran tanah, dan data hasil pengukuran getaran tanah, yaitu nilai *peak particle velocity* dan *peak particle acceleration*. Pengolahan data dilakukan berdasarkan karakteristik kekerasan material (*soft*, *moderate*, dan *hard*).

1. Hubungan peak particle velocity dengan scaled distance

Analisis hubungan *peak particle velocity* (PPV) dengan *scaled distance* diperlukan untuk mengetahui nilai konstanta peledakan (e dan K), berdasarkan karakteristik kekerasan material, sehingga didapatkan nilai konstanta dan persamaan sebagai berikut: $PPV_{Soft\ domain} = 950 * (SD)^{-1,77}$, $PPV_{Moderate\ domain} = 1155 * (SD)^{-1,85}$, dan $PPV_{Hard\ domain} = 1065 * (SD)^{-1,82}$. Persamaan tersebut digunakan untuk memprediksi nilai PPV yang akan dihasilkan oleh getaran tanah akibat kegiatan peledakan, dan untuk menentukan rancangan muatan bahan peledak maksimum per *delay*.

2. Hubungan peak particle acceleration dengan scaled distance

Nilai *peak particle acceleration* yang didapatkan dari hasil pengukuran getaran tanah dalam satuan g , terlebih dahulu di konversi ke satuan mm/s^2 , dimana $1\ g = 9841\ mm/s^2$. Analisis hubungan *peak particle acceleration* (PPA) dengan *scaled distance* diperlukan untuk mengetahui nilai konstanta peledakan (β dan n), berdasarkan karakteristik kekerasan material, sehingga didapatkan nilai konstanta dan persamaan sebagai berikut: $PPA_{Soft\ domain} = 2024245 * (SD)^{-2,52}$, $PPA_{Moderate\ domain} = 191764 * (SD)^{-1,63}$, dan $PPA_{Hard\ domain} = 581555 * (SD)^{-2,19}$. Persamaan tersebut digunakan untuk memprediksi nilai PPA yang akan dihasilkan oleh getaran tanah akibat kegiatan peledakan.

3. Hubungan percepatan horizontal dengan peak particle acceleration

Kestabilan lereng *Pit* Batu Hijau dipengaruhi oleh percepatan horizontal (a), yaitu gelombang atau getaran tanah yang bergerak secara horizontal yang terdiri dari gelombang longitudinal (x) dan transversal (y). Sedangkan, gelombang vertikal (z) tidak mempengaruhi kestabilan lereng *Pit* Batu Hijau, melainkan dapat mengakibatkan peningkatan bobot isi terhadap material yang dilintasinya. Oleh karena itu, perlu dilakukannya perhitungan mengenai dampak peledakan terhadap kestabilan lereng *Pit* Batu Hijau. Untuk mengetahui nilai percepatan horizontal maksimum dari getaran tanah akibat kegiatan peledakan, maka digunakan persamaan: $a_{maks} = \sqrt{(ax^2 + ay^2)}$.

4. Hubungan scaled distance dengan percepatan horizontal

Analisis hubungan *scaled distance* dengan percepatan horizontal diperlukan untuk menjaga kestabilan lereng *Pit* Batu Hijau ketika dilintasi oleh gelombang longitudinal (x) dan transversal (y). Hasil analisis hubungan *scaled distance* (SD) dengan percepatan horizontal, didapatkan persamaan: $SD = 4,926 * a_{maks}^{-0,391}$. Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan nilai *scaled distance* berdasarkan nilai percepatan horizontal maksimum. Dalam perencanaan geoteknik *Pit* di Batu Hijau, bahwa nilai percepatan horizontal maksimum ditentukan berdasarkan karakteristik kekerasan material, diantaranya adalah: *soft domain*: $8,34 = 4,926 * 0,26^{-0,391}$, *moderate domain*: $7,89 = 4,926 * 0,30^{-0,391}$, dan *hard domain*: $7,43 = 4,926 * 0,35^{-0,391}$. *Scaled distance* dapat dijadikan sebagai aturan dalam melaksanakan kegiatan peledakan. Diharapkan *scaled distance* prediksi \geq *scaled distance* acuan. Nilai *scaled distance* juga dipakai untuk menentukan muatan bahan peledak maksimum per *delay*.

D. Kesimpulan

1. Nilai konstanta peledakan (e dan K) dan persamaan yang dihasilkan dari analisis hubungan *peak particle velocity* dengan *scaled distance*, yaitu: $PPV_{Soft\ Domain} = 950 * (SD)^{-1,77}$, $PPV_{Moderate\ Domain} = 1155 * (SD)^{-1,85}$, dan $PPV_{Hard\ Domain} = 1065 * (SD)^{-1,82}$. Persamaan tersebut digunakan untuk memprediksi nilai PPV dan menentukan rancangan muatan bahan peledak maksimum per *delay*.
2. Nilai konstanta peledakan (β dan n) dan persamaan yang dihasilkan dari analisis hubungan *peak particle acceleration* dengan *scaled distance*, yaitu: $PPA_{Soft\ Domain} = 2024245 * (SD)^{-2,52}$, $PPA_{Moderate\ Domain} = 191764 * (SD)^{-1,63}$, dan $PPA_{Hard\ Domain} = 581555 * (SD)^{-2,19}$. Persamaan tersebut digunakan untuk memprediksi nilai PPA yang akan dihasilkan oleh getaran tanah akibat kegiatan peledakan di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau*.
3. Analisis hubungan percepatan horizontal dengan *peak particle acceleration* diperlukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh getaran tanah akibat kegiatan peledakan terhadap kestabilan lereng pit Batu Hijau, dengan menggunakan persamaan: $a_{maks} = \sqrt{(ax^2 + ay^2)}$.
4. Persamaan yang dihasilkan dari grafik analisis hubungan *scaled distance* terhadap percepatan horizontal maksimum, yaitu: $SD = 4,926 * a_{maks}^{-0,391}$. Nilai *scaled distance* ditentukan berdasarkan karakteristik kekerasan material: *Soft Domain* : $8,34 = 4,926 * 0,26^{-0,391}$, *Moderate Domain* : $7,89 = 4,926 * 0,30^{-0,391}$, dan *Hard Domain* : $7,43 = 4,926 * 0,35^{-0,391}$. Nilai *scaled distance* dapat dijadikan aturan dalam melaksanakan kegiatan peledakan di area penambangan *Phase 6 Pit Batu Hijau* dan untuk menentukan rancangan muatan bahan peledak maksimum per *delay*.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2008, "Explosives: *Flexigel™ Control System*", PT Orica Mining Service, Jakarta.
- Anonim, 2009, "Explosives: *Fortis™ Advantage System*", PT Orica Mining Service, Jakarta.
- Anonim, 2010, "SNI: *Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*", Badan Standar Nasional, Bandung.
- Berta, G., 1997, "Explosives: *An Engineering Tool*", Italesplosivi, Milano.
- Koesnaryo, 2001, "Teknik Peledakan: *Rancangan Peledakan Batuan*", Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "VETERAN", Yogyakarta.
- Lucca, F. J., 2003, "Tight Construction Blasting: *Ground Vibration Basic, Monitoring, dan Prediction*", Terra Dinamica L. L. C., Effective Blast Design and Optimazation.
- Richards, A. B., dan Moore, A. J., 1994, "Blast Vibration Course: *Measurement, Assesment, Control*", Australian Institute of Mining and Metallurgy, Perth, Western Australia.
- Saptono, S., 2006, "Teknik Peledakan", Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "VETERAN", Yogyakarta.