

ANALISIS PENGARUH POLA RANGKAIAN PELEDAKAN TERHADAP TINGKAT GETARAN TANAH DI QUARRY TUBAN I-IV PT. SEMEN INDONESIA (PERSERO) TBKKAB. TUBAN PROVINSI JAWA TIMUR

Hani Vinola Sari¹, Agustinus Isjudarto², Hidayatullah Sidiq³.
^{1,2,3} Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITNY
e-mail: vhinollahaniy4@gmail.com, hidayatullah@sttnas.ac.id

Abstrak

Tahapan penambangan batu gamping di PT. Semen Indonesia didahului dengan proses pemberaian menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Nonel dan Listrik adalah pola rangkaian yang digunakan di PT Semen Indonesia. Tujuan dari penelitian ini mengetahui perbandingan tingkat getaran tanah yang dihasilkan antara rangkaian nonel dan listrik, serta mengetahui tingkat getaran tanah apakah sesuai dengan SNI 7571:2010. Pengukuran ground vibration dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai peak particle velocity (PPV) serta mengetahui tingkat getaran tanah apakah sesuai dengan SNI 7571:2010. Dilakukan analisis menggunakan metode statistika regresi power. Hasil analisis adalah persamaan rumus hubungan antara PPV dan scale distance (SD) yaitu $PPV = 323,75 (SD)^{-1,34}$. Perbandingan PPV Listrik pada blok FF10 sebesar 0,65mm/s sedangkan pada nonel sebesar 0,52mm/s dengan jarak 790m dan isian perlubang 18,4kg/hole. Blok CC17 listrik sebesar 1,77mm/s dan nonel 1,56mm/s dengan jarak 412m dan isian 15,4kg/hole. Blok CC18 listrik sebesar 1,31mm/s dan nonel 1mm/s jarak 518m dan isian 15,4kg/hole, dari hasil tersebut didapatkan bahwa pola rangkaian nonel lebih efisien. Standar ground vibration PT. Semen Indonesia maksimal 3 mm/s. Dari batasan bahan peledak maksimal/delay dan jarak yang aman untuk kegiatan peledakan yang telah ditentukan, didapatkan batasan jarak pengukuran dan isian bahan peledak maksimal/delay, dengan jarak 700 meter didapatkan isian handak 13-17 kg/lubang.

Kata kunci : Ground Vibration, Pola Rangkaian Listrik dan Nonel

Abstract

Limestone mining stages in PT. Semen Indonesia is preceded by a delivery process using drilling and blasting methods. Nonel and Electricity is a series of patterns used at PT Semen Indonesia. The purpose of this study is to determine the level of ground vibration produced between nonel and electric circuits, and understand the level of ground vibration in accordance with SNI 7571: 2010. Measurement of ground vibration is carried out to determine the highest value of peak particle velocity (PPV) and to determine the level of ground vibration in accordance with SNI 7571: 2010. Using analysis using statistical power regression methods. The result of the analysis is the equation equation of the relationship between PPV and distance scale (SD), i.e. $PPV = 323.75 (SD) ^{-1.34}$. The comparison of PPV Electric on FF10 block is 0.65mm / s while in nonel is 0.52mm / s with a distance of 790m and the contents of 18.4kg / hole. CC17 electricity block is 1.77mm / s and 1.56mm / s nonel with a distance of 412m and 15.4kg / hole stuffing. CC18 electric block of 1.31mm / s and non-1mm / s distance of 518m and 15.4kg / hole stuffing, the results obtained are more efficient nonel connection patterns. PT. Semen Indonesia is a maximum of 3 mm / s. From the limitation of maximum explosives / delay and safe distance for the specified blasting activity, meeting the limits of measuring distance and delay of filling material, with a distance of 700 meters, explosive filling is 13-17 kg / hole.

Keywords: Ground Vibration, Electrical and Nonel Circuit Patterns.

1. PENDAHULUAN

PT Semen Indonesia (Persero), Tbk pabrik Tuban terdiri atas empat unit yaitu Unit I, II, III, dan IV berlokasi di Desa Sumberarum, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Jawa Timur dengan luas area sekitar 1.500 hektar dan bangunan pabrik luasnya 400 ribu m² meliputi Kecamatan Merakurak, Kecamatan Jenu dan Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban. Untuk lokasi Penambangan bahan baku terdiri dari tiga lokasi yaitu, tambang batu gamping, tanah liat Mliwang dan tanah liat Telogowaru.

Secara ringkas kegiatan penambangan batugamping Kuari Tuban kegiatan penambangan dapat diuraikan menjadi: persiapan penambangan, pembersihan lahan, pem buatan jalan tambang, penambangan. Kegiatan penambangan batugamping meliputi kegiatan pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan. Kegiatan pembongkaran pada *Quarry* Tuban dilakukan dengan cara peledakan. Kegiatan pemboran untuk membuat lubang tembak untuk memasukan bahan peledak sebagai langkah awal dari peledakan untuk pembongkaran menggunakan alat bor jenis Hidraulik Roc D35 dan Furukawa HCR 900,1500 dan alat bor manual PCR Furukawa 200 dengan diameter bit 3.5 inci. Kegiatan pemboran dilakukan dengan kedalaman lubang tembak rata-rata 6,2 meter, jarak spasi 3.5 meter dan burden 3 meter dan dengan posisi lubang ledak vertikal.

Adapun kegiatan peldakan pada kuari batugamping menggunakan detonator listrik dengan *MS Delay detonator* dan bahan peldak ANFO buatan PT Dahana serta bahan penguat ledak berupa *SuperPower 90*. Hasil yang berupa *boulder* (ukuran bongkahan hasil peledakan yang relatif masih besar) dihancurkan dengan alat pemecah batu (*breaker*) denga mesin penggerak PC 200 Komatsu

Metode peledakan adalah proses pembongkaran meghasilkan efek samping yaitu *ground vibration* atau getaran tanah.

Getaran tanah adalah gelombang yang bergerak didalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi yang disebabkan oleh alam, dan kegitan manusia sepeti peledakan. Getaran tanah terjadi di daerah yang *elastic*, yaitu tegangan yang diterima material lebih kecil dari kekuatan material sehingga bentuk dan volume akan mengalami perubahan dan akan kembali ke keadaan semula jika tidak ada tegangan yang bekerja, hal ini akan menimbulkan gelombang getaran. Getaran tanah yang besar akan menyebabkan kerusakan struktur disekitar area lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan.

Nonel dan Listrik adalah pola rangkaian yang digunakan di PT Semen Indonesia, kedua rangkaian ini akan mempengaruhi getaran yang dihasilkan tergantung pada jarak, isian dan jumlah lubang ledak yang meledak secara bersamaan per setiap waktu tunda, pada proses peledakan tidak dilakukan sekali peledakan (jika lubang ledak banyak), melainkan dirangkai menjadi beberapa kali inisiasi, hal ini dilakukan untuk meminimalisir vibrasi yang dihasilkan pada peledakan tersebut. Getaran tanah akibat peledakan yang dihasilkan sebaiknya harus diperhitungkan agar aman bagi keadaan sekelilingnya. Getaran peledakan yang berada di luar standar ukuran getaran peledakan yang diijinkan oleh perusahaan akan menimbulkan gangguan didalam lingkup perusahaan ataupun diluar lingkup perusahaan seperti dekat pemukiman sekitarnya, oleh karena itu saat melakukan kegiatan peledakan maka harus melakukan perhitungan pengukuran tingkat getaran tanah di dalam atau diluar lingkup perusahaan seperti didekat daerah pemukiman.

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui dampak getaran hasil peledakan terhadap pemukiman sekitar.
2. Menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi *ground vibration*.
3. Mengetahui perbandingan tingkat getaran tanah yang dihasilkan antara rangkaian nonel dan listrik.
4. Menganalisis hubungan antara *Scale Distance* dan *Peak Particle Velocity* aktual yang didapat dari hasil pengukuran getaran dilapangan.
5. Mengetahui tingkat getaran tanah yang sesuai dengan SNI 7571:2010.
6. Merekomendasikan jarak (D) dan jumlah muatan bahan peledak (W) agar nilai PPV max tidak melebihi dari 2 m/s

BATASAN MASALAH

Ruang lingkup dibatasi pada:

1. Hanya menganalisis tentang getaran
2. Tidak membahas hasil produksi.
3. Hanya membahas tentang peralatan dan perlengkapan peledakan sehingga tidak memperhitungkan biaya ekonomi yang di keluarkan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan penelitian ini, digabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapatkan pendekatan penyelesaian masalah. Adapun urutan pengerjaan penelitian tersebut adalah:

1. Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, baik yang bersifat sebagai dasar penelitian maupun yang bersifat sebagai pendukung dan referensi yang berkaitan dengan peledakan dan ground vibration. Bahan-bahan pustaka diperoleh dari perpustakaan, media cetak, media elektronik, karya ilmiah.

2. Kegiatan Lapangan

Kegiatan lapangan ini merupakan suatu kegiatan pengambilan data dilapangan. Adapun data tersebut dibagi menjadi dua jenis, yaitu: data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Merupakan data yang didapat dari pengamatan dan pengambilan langsung di lapangan serta dengan wawancara kepada karyawan perusahaan. Data tersebut mengenai data geometri pemboran dan peledakan, data PPV, jarak pengukuran, dan jumlah muatan bahan peledak.

b. Data Sekunder

Merupakan data yang didapat dari manajemen perusahaan, antara lain mengenai data report blasting, peta kesampaian daerah, peta kemajuan penambangan, data curah hujan, peralatan dan bahan peledak.

3. Pengolahan dan Analisis Data

Menganalisa dan melakukan pertimbangan dari hasil perhitungan dan pengolahan data untuk dijadikan saran dan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

3. DASAR TEORI

1. Faktor Pengaruh Tingkat Getaran Tanah

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam usaha menentukan hubungan antara faktor-faktor tersebut dengan tingkat getaran. *Ground vibration* peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan yang tidak dapat dikontrol (Joris Pasang, 2013). Yang dimaksud faktor yang tak dapat dikontrol adalah faktor geologi dan geomekanik batuan. Dan berikut ini adalah faktor yang dapat dikontrol yang mempengaruhi *ground vibration*:

1. Jumlah muatan bahan peledak perwaktu tunda
2. Jarak dari lokasi peledakan
3. Waktu tunda (*delay period*)
4. *Powder Factor*

2. Prinsip Getaran

Getaran tanah adalah gelombang yang bergerak didalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi yang disebabkan oleh alam, dan kegitan manusia seperti peledakan. Tujuan peledakan umumnya adalah untuk memecahkan batuan. Pada proses peledakan membutuhkan sejumlah energi yang melebihi dari kekuatan batuan sehingga menyebabkan pecahan paa batuan. Proses pemecahan akan berjalan terus sampai energi yang dihasilkan makin berkurang dan menjadi lebih kecil dari kekuatan batuan, sehingga proses pemecahan batuan berhenti. Energi sisa yang dihasilkan akan menjalar melalui batuan, karena masih di dalam elastisitasnya. Dalam hal ini akan menghasilkan gelombang seismic dan dirasakan manusia sebagai getaran tanah (*ground vibration*).

2.1 Scaled Distance

Scaled Distance merupakan perhitungan yang didapatkan dari perbandingan antara jarak dan muatan isian *perdelay*. *Scaled Distance* akan mempermudah dalam menentukan jumlah bahan peledak yang diperlukan dan jarak aman untuk muatan bahan peledak yang jumlahnya telah ditentukan dan diperhitungkan. Nilai *scaled distance* semakin besar akan semakin aman dibandingkan dengan nilai *scaled distance* yang lebih kecil, karena semakin jauh jaraknya akan lebih aman dibandingkan dengan jarak yang lebih dekat. Rumus diatas dapat dituliskan sebaga berikut:

$$\text{Scaled Distance} = D/W^{0.5} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

D = Jarak dari lokasi perekaman ke lokasi peledakan (m).

W = Jumlah bahan peledak/*delay* (kg).

2.2 Peak Particle Velocity (PPV)

Peak Particle Velocity (PPV) adalah kecepatan gelombang maksimum yang dihasilkan dan digunakan untuk menghitung besarnya getaran pada suatu lokasi peledakan tergantung seberapa jauh lokasi peledakan dan jarak rekaman ke lokasi peledakan.

Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$PPV = k \left(\frac{D}{W^{0.5}} \right)^{-m} \dots\dots\dots (2)$$

(sumber: *Dwihandoyo Marmer, 2010*)

Keterangan:

PPV = *Ground Vibration* atau *Peak Particle Velocity*, (mm/s).

D= Jarak dari lokasi rekaman ke lokasi peledakan, (m).

W= Jumlah bahan peledak per *delay* (kg).

k= Konstanta yang dipengaruhi oleh kondisi lokal dan kondisi peledakan

m= konstanta dari batuan yang diledakkan

Nilai konstanta m menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara nilai PPV dengan SD. Tanda minus pada nilai m menunjukkan, jika nilai *scaled distance* mengalami penurunan, maka nilai dari *peak particle velocity* akan naik, sedangkan kosntanta (k) mengindikasikan besarnya energi hasil peledakan yang ditransfer ke batuan sekitarnya.

Hubungan niai antara konstanta k dan konstanta m berbanding lurus, yaitu semakin jika nilai konstanta k semakin besar maka nilai kosntanta m juga akan semakin besar, begitu pula sebaliknya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pola Rangkaian Peledakan

Kegiatan peledakan yang dilakukan di lokasi Kuari Tuban PT Semen Indonesia (Persero) Tbk menggunakan pola *Echelon Cut* atau *V-Cut + Echelon* dengan pola rangkaian inisiasi listrik dan *nonel*. Pada *nonel* menggunakan *surface delay detonator 17 ms, 25ms,42ms* dan *67 ms* serta *inhole delay detonator 500ms*, sedangkan pada listrik menggunakan *surfae delay* dengan nomor urut 1mm/s–20mm/s. Peledakan tidak dilakukan dengan satu kali peledakan, melainkan dilakukan bertahap atau dibuat menjadi beberapa *initation point* (IP) yang dilakukan secara bergantian setelah dilakukan pengecekan. Detonator yang digunakan dikombinasikan guna untuk mendapatkan hasil peledakan yang baik berupa arah lemparan peledakan dan penentuan jumlah lubang ledak yang meledak secara bersamaan dalam periode waktu tunda 8 ms. Hal ini dilakukan agar *vibrasi* semakin kecil.

1. Hasil Pengukuran Getaran di Lapangan

Tabel 1. Hasil pengukuran getaran di quarry I-IV

Tgl	Lokasi	Kedalaman	Jarak	Isian	Peak Particle Velocity (mm/s)			PPV Max	PF	Hole	SD
	Block	m	m	Kg	Trans	Vert	Long	mm/s	Kg/ton		
02/04/2019	CC14	6,2	623	36,8	0,45	0,66	0,37	0,66	0,29	50	102
	FF10	6,2	790	36,8	0,52	0,36	0,31	0,52	0,28	100	130
	FF10	6,2	790	92	0,49	0,65	0,6	0,65	0,28	100	82
04/04/2019	CC17	6,2	412	51	1,34	1,07	1,56	1,56	0,2	67	57
	CC17	6,2	412	77	1,77	1,28	1,75	1,77	0,2	100	46
	CC17	6,2	412	46,2	0,63	0,32	0,49	0,63	0,13	62	60
	CC18	6,2	518	45,9	0,89	0,72	1	1	0,13	71	76
09/04/2019	CC18	6,2	518	61,6	1,27	1,1	1,26	1,27	0,13	70	65
	CC18	6,2	518	61,6	1,31	1,05	1,08	1,31	0,13	75	65
Tgl	Lokasi	Kedalaman	Jarak	Isian	Peak Particle Velocity (mm/s)			PPV Max	PF	Hole	SD
	Block	m	m	Kg	Trans	Vert	Long	mm/s	Kg/ton		
	Y10	6,2	563	36	0,53	0,54	0,55	0,55	0,27	80	93
13/04/2019	CC7	6,2	866	54,6	0,39	0,24	0,55	0,55	0,32	56	117
	CC7	8,2	866	72,9	0,75	0,37	0,69	0,75	0,32	64	101
	BB16	6,2	623	54,3	0,69	0,53	0,77	0,77	0,12	80	84
	CC17	6,2	464	72,4	1,67	1,41	1,72	1,72	0,18	77	54
	CC17	6,2	464	72,4	1,25	0,87	1,54	1,54	0,18	70	54
	CC17	6,2	464	72,4	2,01	1,02	2	2,01	0,18	83	54

Hasil pengukuran getaran tanah ini meliputi *peak particle velocity* pada tiga gelombang yaitu gelombang transversal, longitudinal, dan vertikal yang terbaca oleh alat *MicroMate*. Tiga gelombang yang terbaca pada *Micromate* akan disatukan menjadi *peak vector sum* yang merupakan penjumlahan vektor dari ketiga gelombang tersebut.

Tetapi nilai yang dipakai pada adalah *PPV Max* ini merupakan *peak velocity* yang aktual yang digunakan untuk perbandingan tingkat getaran tanah yang dihasilkan pada masing-masing peledakan karena nilai *PPV Max* tersebut mewakili *PPV* dari ketiga *PPV* tersebut. Data hasil pengukuran getaran tanah disertai dengan jumlah isian bahan peledak per waktu tunda jarak pengukuran dan nilai *Scale Distance*.

2. Pengaruh Ground Vibration Terhadap Lingkungan

Besaran *PPV* tertinggi terjadi pada tanggal 13 April 2019 yaitu sebesar 2,01 mm/s. Berdasarkan SNI 7571 tahun 2010 mengenai baku tingkat getaran tanah, peledakan yang dilakukan oleh PT. Semen Indonesia masih tergolong aman. Struktur bangunan rumah yang terdapat di sekitar *Quarry* Tuban I-IV tergolong kelas II yaitu pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja. Batas aman getaran yaitu 3 mm/s.

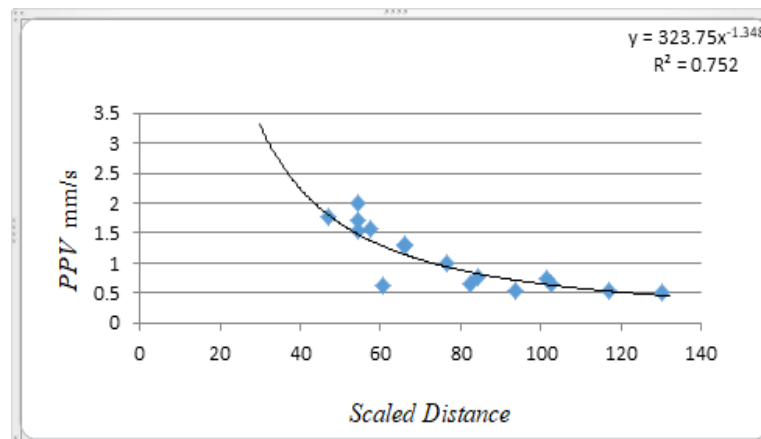
Tabel 2. Efek peledakan terhadap lingkungan

Efek Peledakan	Nilai Terbesar	Batas Aman		Ambang Batas Kerusakan Struktur Menurut SNI	Keterangan
		SNI	Ketetapan Perusahaan		
Getaran Tanah	2,01mm/s	3mm/s	3mm/s	>13mm/s	Aman dan tidak menimbulkan kerusakan struktur

Secara analisis dan data pengukuran besaran *Ground Vibration* di PT. Semen Indonesia masih tergolong aman bagi lingkungan, namun setelah dilakukan masih banyak masyarakat yang pemukiman nya dekat dengan lokasi penambangan melakukan demo dan mengeluh mengenai akibat peledakan.

3. Hubungan Scaled Distance Dan Getaran Tanah

Metode yang digunakan untuk menentukan hubungan sebab akibat antara satu variabel dengan variabel yang lain adalah dengan menggunakan analisis regresi. Analisis ini telah digunakan secara luas dalam analisis PPV karena dengan metode regresi dapat digunakan untuk memprediksi konstanta pada persamaan PPV dimana nilai PPV merupakan variabel terikat dan *scaled distance* merupakan variabel bebas. Grafik antara getaran tanah PPV aktual dan nilai SD memperlihatkan hubungan antara kedua variabel tersebut.



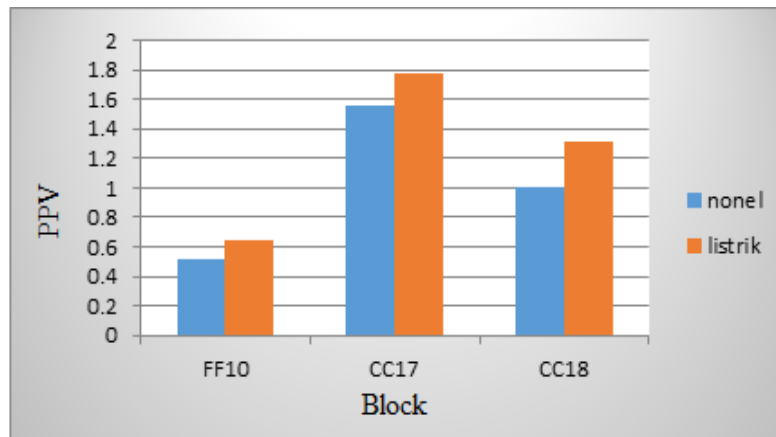
Gambar 2. Hubungan antara Scaled Distance dan PPV, April 2019

Hasil analisis hubungan antara SD dan PPV aktual yang didapat dari hasil pengukuran getaran dilapangan. Berdasarkan hasil pengukuran pada saat penelitian berlangsung maka didapatkan ppv mkaksimal sebesar 2,01mm/s dimana hasil pengukuran tersebut masih berada pada ambang batas yang telah ditentukan perusahaan yaitu sebesar 3mm/s, pada gambar 5.3 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara SD dan getaran tanah aktual (PPV) yaitu setiap penurunan nilai SD diikuti dengan peningkatan nilai PPV aktual. Koefisien determinasi (R^2) dari analisi data tersebut menunjukkan 0.752, hal tersebut menunjukkan bahwa PPV aktual dipengaruhi oleh *scaled distance* sebesar 75,2% sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti karakteristik dan sifat massa batuan, serta faktor geologi lainnya. Konstanta yang didapatkan pada persamaan untuk nilai PPV prediksi yaitu $K= 323,75$ dan $M=-1,34$

4. Perbandingan Ground Vibration Antara Pola Rangkaian Listrik dan Nonel

Tabel 3. Perbandingan pola rangkaian Listrik dan Nonel

Tanggal	Lokasi	<i>Scaled Distance</i>		<i>Peak Particle Velocity</i>	
		Nonel	Listrik	Nonel	Listrik
02/04/19	FF10	130	82	0,52	0,65
04/04/19	CC17	57	46	1,56	1,77
	CC18	76	65	1	1,31



Gambar 3. Perbandingan pola rangkaian Listrik dan Nonel

Didapatkan 4 data antara nonel dan listrik yang jarak dan isian perlubang bor sama yaitu *Peak Particle Velocity* Listrik pada blok FF10 sebesar 0,65mm/s sedangkan pada nonel sebesar 0,52mm/s dengan jarak 790m dan isian perlubang 18,4kg/hole tetapi beda muatan perdelay. Blok CC17 listrik sebesar 1,77mm/s dan nonel 1,56mm/s dengan jarak 412m dan isian perlubang 15,4kg/hole. Blok CC18 listrik sebesar 1,31mm/s dan nonel 1mm/s dengan jarak 518m dan isian perlubang 15,4kg/hole. dapat dilihat pada gambar 3 didapatkan hasil bahwa pola rangkaian nonel lebih efisien karena pada rangkaian nonel menghasilkan vibrasi yang lebih kecil dibandingkan dengan pola rangkaian listrik

5. Upaya Meminimalisir Getaran (*Ground Vibration*)

Dari hasil analisa kegiatan peledakan terakhir dan pengembangan yang dimulai tanggal 1-30 April 2019, didapat 16 data yang menunjukkan bahwasannya, beberapa upaya dalam mengurangi getaran tanpa menambah cost / biaya peledakan antara lain:

1. Penggunaan delay control yang lebih besar dapat mengurangi adanya lubang ledak yang dapat meledak bersamaan dalam interval delay 8 ms.
2. Pola rangkaian nonel terbilang sangat efektif dalam penggunaan energi, sehingga energi sisa ataupun getaran yang dihasilkan lebih sedikit.
3. Posisi IP yang menghadap warga lebih sering menunjukkan hasil getaran yang lebih kecil dari pada membelakangi warga

4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan perhitungan dari bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara analisis dan data pengukuran *Ground Vibration* di PT. Semen Indonesia masih tergolong aman bagi lingkungan, karena batas aman *Peak Particle Velocity* yang menjadi ketetapan oleh perusahaan adalah 3mm/s sehingga aman dan tidak menimbulkan kerusakan struktur terhadap pemukiman.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi *ground vibration* dilapangan antara lain yaitu jarak dari lokasi peledakan ke lokasi pengukuran, isian bahan peledak maksimum per *delay*, dan besar kecilnya *powder factor*.
3. Hasil analisis hubungan antara SD dan PPV aktual yang didapat dari hasil pengukuran getaran dilapangan yaitu, koefisien determinasi (R^2) dari analisis data tersebut menunjukkan 0.752, hal tersebut menunjukkan bahwa PPV aktual dipengaruhi oleh *scaled distance* sebesar 75,2%.
4. Perbandingan *PPV* Listrik pada blok FF10 sebesar 0,65mm/s sedangkan pada nonel sebesar 0,52mm/s dengan jarak 790m dan isian perlubang 18,4kg/hole tetapi beda muatan perdelay.

Blok CC17 listrik sebesar 1,77mm/s dan nonel 1,56mm/s dengan jarak 412m dan isian 15,4kg/hole. Blok CC18 listrik sebesar 1,31mm/s dan nonel 1mm/s dengan jarak 518m dan isian 15,4kg/hole, dari hasil tersebut didapatkan bahwa pola rangkaian nonel lebih efisien karena pada rangkaian nonel menghasilkan vibrasi yang lebih kecil dibandingkan dengan pola rangkaian listrik

5. Pada bulan april getaran peledakan di atas 2 mm/s hanya terjadi satu kali, jika dipersentasikan yaitu sekitar 6,25 %. Dengan hasil ini maka masih tergolong kelas II, yaitu pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja. Sesuai dengan batas aman yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional.

5. SARAN

Dengan menggunakan persamaan yaitu $K=323,75$ dan $m=-1,34$. Maka, untuk mendapatkan nilai PPV diangka $<2\text{mm/s}$ sebaiknya acuan jarak terdekat yang digunakan yaitu 700 meter karena sesuai dengan jarak terdekat dari pemukiman, sehingga dibutuhkan isian 13-17 kg/hole, hal tersebut diperhitungkan berdasarkan acuan panjang *stemming* yang masih terkontrol.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada PT. Semen Indonesia dan semua yang telah membantu dalam kegiatan penelitian di lokasi, serta Tim dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

1. Douglas Widodo, 2011. *Analisis Ground Vibration Pada Peledakan*. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta.
2. Jimlin Y Wanma, 2017. *Teknik Peledakan Pola Peledakan*. Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Universitas Papua Manokwari.
3. Joris Pasang, 2013 *Analisis Pengaruh Pola Rangkaian Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration)*. Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Samarinda.
4. Marmer, Dwihandoyo. Ganda MARIHOT Simangunsong dan Awang Suwandhi, 2010. *Peran SNI 7571:2010 dan SNI 7570:2010 Dalam Kegiatan Peledakan Di Tambang Terbuka Di Indonesia*. Prosiding PPI Standarisasi.
5. Wesley L Bender. 2007. *Understanding Vibration and Air Blast, Their Causes, And Their Damage Potential*. Presented at the Golden West Chapter of the International Society of Explosives Engineers.