

**MANAJEMEN GETARAN UNTUK KESETABILAN LERENG DENGAN METODE
“SIGNATURE HOLE ANALISYS” DALAM KEGIATAN PELEDAKAN
TAMBANG TERBUKA**

Muhammad Syafiq Isnaya¹⁾, Fadhil Bellico²⁾, dan Dwi Agung Priyanggoro³⁾

^{1, 2)}Technical Service Department, PT. Multi Nitrotama Kimia

³⁾Engineering Department, PT. Alamjaya Bara Pratama

ABSTRAK

Pit 10 merupakan wilayah operasional PT. Alamjaya Bara Pratama dalam kegiatan peledakan bekerjasama dengan PT. Multi Nitrotama Kimia sebagai penyedia bahan peledak dan jasa peledakan. Salah satu dampak yang ditimbulkan dari kegiatan peledakan adalah *Ground Vibration* yang akan mempengaruhi kestabilan lereng pada area pit 10. Desain akhir lereng pada pit 10 menunjukkan batas maksimal *Peak Particle Acceleration* (a_{max}) yang dapat diterima lereng akibat hasil peledakan sebesar 0,07g, sehingga perlu adanya manajemen getaran agar getaran yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan tidak mempengaruhi kestabilan lereng di area Pit 10. Penelitian dan percobaan dilakukan menggunakan metode *Signature Hole Analysis* (SHA) untuk pemetaan terhadap perambatan gelombang di setiap range *blok – strip* tertentu untuk kemudian digunakan untuk memodelkan dan memprediksi getaran yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan pada setiap *blok – strip*. Metode *Signature Hole Analysis* yang dikombinasikan dengan pendekatan *Scaled Distance*, berhasil menjadi solusi dalam tata kelola getaran peledakan di Pit 10. Hasilnya, sepanjang tahun 2019 berjalan, tidak ada isu berkenaan dengan bagian geoteknik dari lereng-lereng di seputaran area operasional Pit 10. Pendekatan *Signature Hole Analysis* dan kontrol bersama tim Geoteknik menghasilkan kerjasama yang baik serta tata kelola kestabilan lereng menjadi lebih aman.

Kaca Kunci : Kestabilan Lereng, Peledakan, Signature Hole Analysis

ABSTRACT

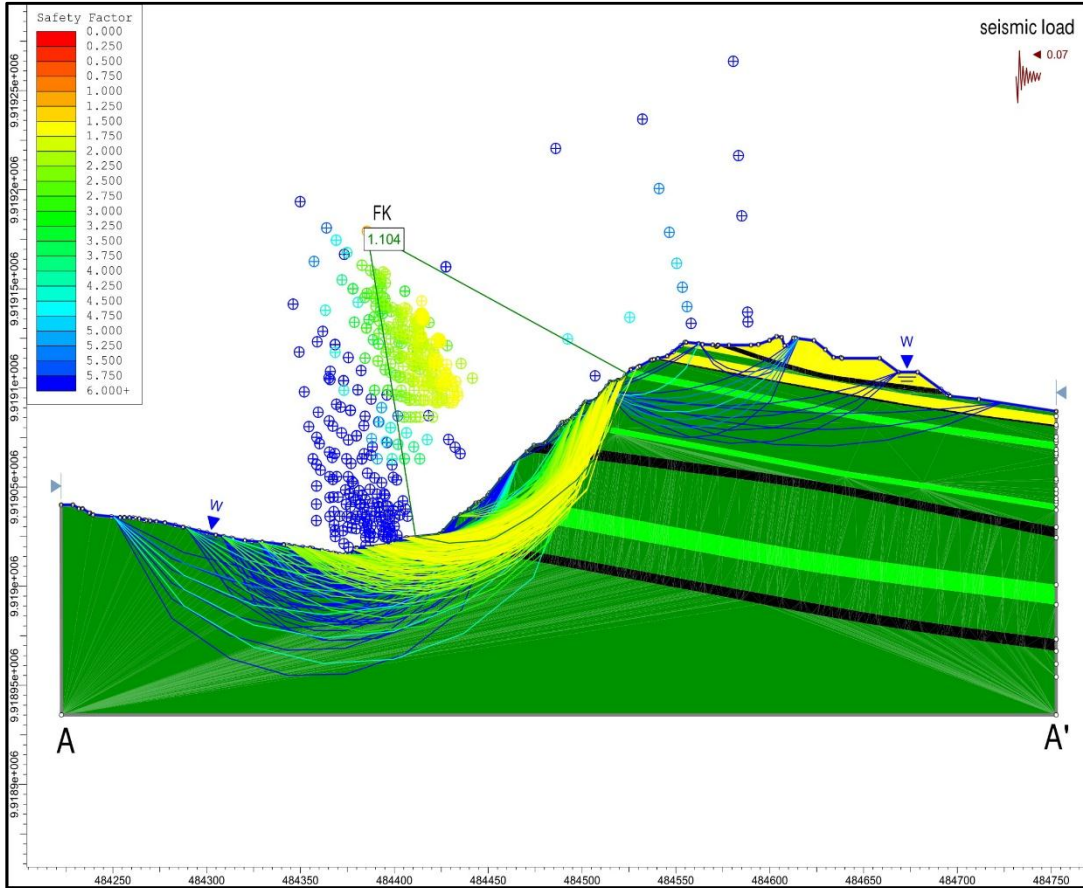
Pit 10 is operational area of PT. Alamjaya Bara Pratama the blasting activity carried out with PT. Multi Nitrotama Kimia as provider of explosive and blasting service. One of the impact blasting activity is Ground Vibration which will affect the stability of the slope in the area pit 10. The final slope design in pit 10 shows the maximum limit of peak particle acceleration (a_{max}) that can't be exceed by 0,07g. its very necessary to manage the ground vibration so the vibration produced by blasting activity do not affect the stability of the slope in pit 10. Research and experiment conducted using Signature Hole Analysis (SHA) for monitoring wave propagation in each block-strip used to model and predict vibration which caused by the blasting activity. Signature Hole Analysis combined with Scaled Distance has succeeded in becoming the solution of ground vibration management in pit 10. Throughout 2019 there was no problem with geotechnical issues of slopes around the pit 10. Signature Hole Analysis Method and Geotechnical approachment result good impact of a slope stability on pit 10.

A. PENDAHULUAN

A.1. Latar Belakang

PT Multi Nitrotama Kimia merupakan salah satu perusahaan jasa pertambangan yang bergerak pada bidang penyedia jasa peledakan dan penjualan bahan peledak terbesar di Indonesia. Unit

usaha ini bekerjasama dengan berbagai perusahaan pertambangan di Indonesia, salah satunya adalah PT. Alam Jayabaya Pratama. Kerjasama yang terjalin antara dua perusahaan ini adalah untuk layanan *blasting Service* atau yang lebih dikenal dengan istilah TLBS (*Total Load Blasting service*). Area operasional penambangan perusahaan ini berada di Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1) yang terdiri dari 3 (Tiga) Pit, yaitu : Pit 7 Utara, Pit 8 dan Pit 10.



Gambar 1. Desain Akhir Lereng pada pit 10

Salah satu dampak kegiatan peledakan pada pit 10 adalah *ground vibration* yang akan mempengaruhi kesetabilan lereng pada area pit 10. Pada kegiatan peledakan, hanya sebagian dari total energi yang dihasilkan bahan peledak dikonsumsi untuk memecahkan batuan, sementara sisanya menjadi *waste energy* atau energy sisa yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Energi peledakan yang menyebabkan *elastic deformation* dapat menghasilkan *stress waves (body wave)* yang merambat melalui massa batuan . Energi yang tersisa (*Seismic energy*) akan menjalar melalui batuan mengakibatkan deformasi dalam batuan tetapi tidak memecahkan batuan, karena masih di dalam batas elastiknya. Desain akhir dari pit 10 menunjukkan batas maksimal *Peak Particle Acceleration (Seismic Load)* yang dapat diterima oleh lereng sebesar 0,07g, sehingga perlu adanya manajemen getaran sehingga getaran yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan tidak mempengaruhi kestabilan lereng di Pit 10 (Gambar 2).

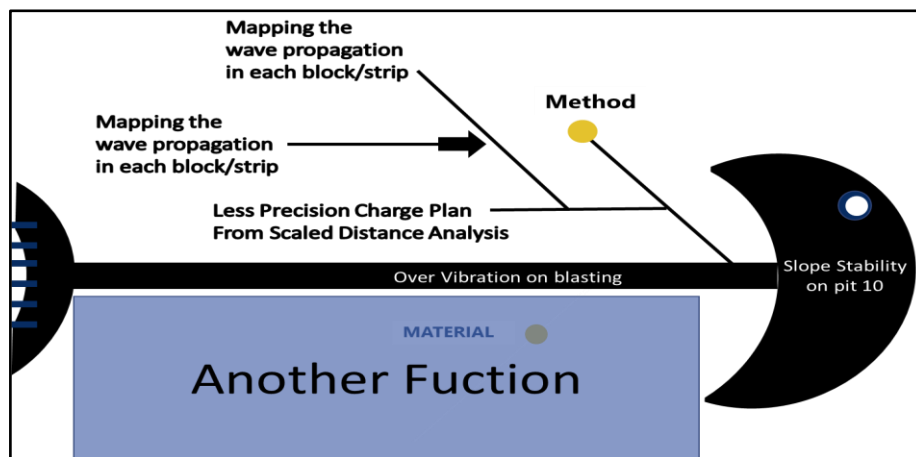
A.2. Tujuan Perbaikan

Penelitian ini dilakukan untuk pemetaan terhadap perambatan gelombang di setiap range *blok – strip* tertentu kemudian digunakan untuk memodelkan dan memprediksi getaran yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan pada setiap *blok - strip*, sehingga keluaran yang dihasilkan dari berbentuk rekomendasi isian berdasar jarak lokasi peledakan dengan lereng pada pit 10. Dengan adanya

permodelan getaran maka energi yang tersisa (*Seismic energy*) akibat aktifitas peledakan dapat di prediksi agar *Peak Particle Acceleration* tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan.

A.3. Problem Analysis

Ada beberapa tahapan proses pada siklus peledakan yang perlu dijadikan fokus dalam mencari masalah pada kasus getaran tanah akibat peledakan, yaitu : *Planning, Charging Tie Up & Monitoring*. Dalam kasus yang terjadi sepanjang 2019, di dominasi oleh adanya masalah pada perencanaan. Dimana perencanaan yang dibuat untuk mengendalikan getaran peledakan tidak berhasil saat diterapkan di lapangan sehingga menyebabkan kestabilan lereng pada area pit 10 terganggu. Kontrol getaran tanah pada peledakan di Pit 10 menggunakan hubungan jumlah isian bahan peledak per waktu tunda dengan nilai getaran yang dihasilkan.



Gambar 2. *Fish-bone Analysis* unuk masah kestabilan lereng pit 10

Ketidaktepatan dalam pendekatan dalam persamaan Scaled Distance Analysis dipengaruhi oleh kondisi geologi, dalam hal ini adalah sebagai media rambat getaran. Sehingga pemetaan terhadap gambaran kondisi tambatan gelombang di setiap blok/strip tertentu yang mewakili kondisi geologi (Gambar 2.)

B. PERBAIKAN (*IMPROVEMENT*)

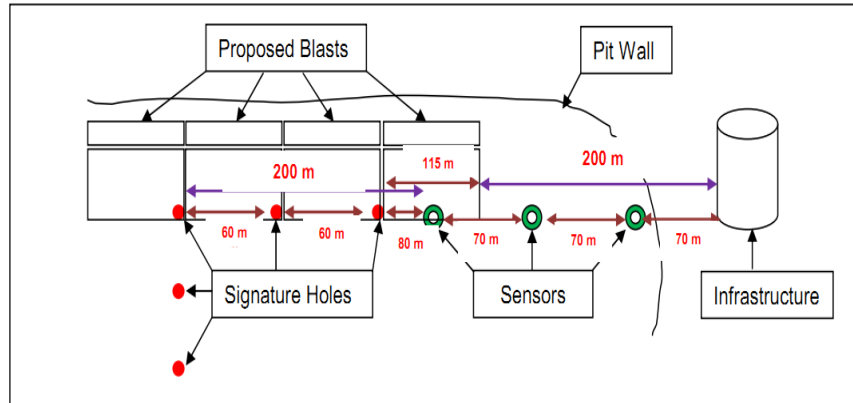
B.1. Mapping Area

Terdapat struktur mayor pada pit 10 dimana aktifitas peledakan yang digunakan untuk memberai massa batuan berlangsung, untk kemudian dijadikan titik pengambilan data rambatan gelombang getaran tanah. Posisi blok-strip ini menjadi focus perhatian dala penentuan pengambilan data gelombang getaran tanah karena memiliki potensi anomaly gelombang yang relatif tinggi.

B.2. Pemodelan Rambat Gelombang dengan Signature Hole Analysis

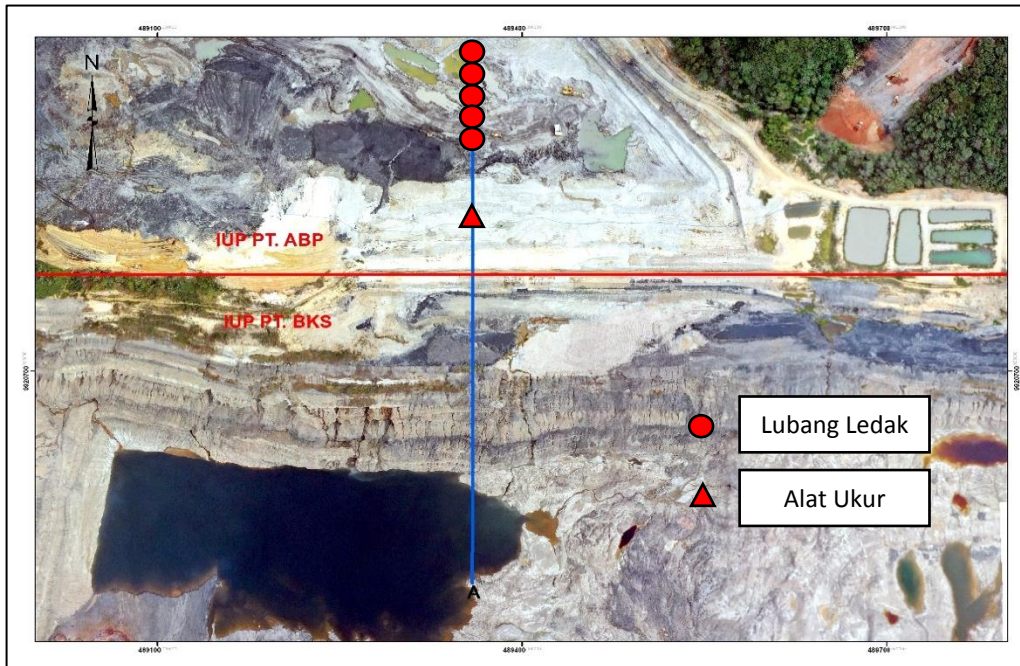
Mengacu pada *Problem Analysis* fokus perbaikan untuk masalah kestabilan lereng terganggu akibat peledakan di pit 10 adalah melakukan pemetaan terhadap setiap blok/strip tertentu yang mewakili kondisi geologi dengan menggunakan metode Signature Hole Analysis (SHA). Hasil data rambatan gelombang per blok/ strip tersebut kemudian akan diolah ke dalam *Scaled Distance Analysis*.

Signature Hole Analysis (SHA) adalah suatu analisa yang dilakukan untuk merekam gelombang daru satu atau banyak lubang ledak standar. Sensor getaran yang ditempatkan diantara tempat yang sensitif terhadap getaran, yaitu dinding, bangunan, bendungan (Gambar 3). Hal ini akan memberikan informasi mengenai homogenitas masa batuan dengan rekaman rambat gelombang getaran yang dihasilkan dan ditangkap oleh alat ukur.



Gambar 3. Sekema Perekaman Gelombang

Pelaksanaan *Signature Hole Analysis* yang dilakukan menggunakan 5 lubang sejajar dengan arah *direct-initiation* nya mengarah ke lereng pada *low wall* Pit 10. Untuk pengukurannya menggunakan alat ukur getaran dan kebisingan. Alat perekam diletakkan tegak lurus dengan lereng pada *low wall* pit 10 dengan cakupan jarak 100-300m terhadap lubang *Signature Hole Analysis* terakhir (Gambar 4.)



Gambar 4.. Desain Pelaksanaan *Signature Hole Analysis*

Dalam *improvement* ini output nya adalah *record "background" Vibration* (informasi terkait dengan gambaran media rambat sekitar) digunakan sebagai alat untuk mendapatkan gambaran kondisi rambatan gelombang pada setiap *strip/blok* sehingga keluaran yang dihasilkan dari *Signature Hole Analysis* ini berbentuk rekomendasi isian berdasar jarak lokasi peledakan dengan lereng pada pit 10. Simulasi menggunakan perangkat lunak tertentu digunakan sebagai kontrol, baik pada sisi peledakan dan geotek dari lereng.

B.3. Pengolaha Data Hasil *Signature Hole Analysis*

Salah satu cara yang efektif untuk mengontrol tingkat getaran tanah hasil peledakan adalah dengan menggunakan *Scaled Distance Analysis* yang memungkinkan untuk menentukan jumlah bahan peledak dan jarak yang akan memprediksi secara akurat hasil rambatan gelombang yang akan timbul akibat aktifitas peledakan.

Konsep Scaled Distance dapat dirumuskan sebagai berikut (Hustrulid, 1999) :

$$V = H \times (D_s)^{\beta} \quad D_s = D/\sqrt{W} \tag{1}$$

- V = Kecepatan partikel
- H = Konstanta proporsionalitas
- D = Jarak titik pengukuran ke titik peledakan
- W = Muatan bahan peledak per waktu tunda
- B = Konstanta
- SD = Scaled Distance

Nilai pada konstanta merupakan nilai yang terkait dengan rambatan gelombang getaran pada medianya, sehingga nilai tersebut menjadi target dalam olah data hasil *Signature Hole Analysis*. Hasil rekam data yang ditangkap oleh alat pengukur getaran kemudian di unduh dan di proses menggunakan perangkat lunak yang memiliki fitur olah data *Signature Hole Analysis* dan *Scaled Distance*

C. HASIL DAN EVALUASI

Hasil pengukuran getaran tanah sebelum dilakukan *Signature Hole Analysis* (Tabel 1.) kemudian di analisis menggunakan *Scaled Distance* (Gambar 5.) dapat disimpulkan bahwa tingkat kepercayaan data saat sebelum dilakukan analisis tidak akurat, dibuktikan dengan *Coefficient Of Determinant* yang diperoleh hanya 0,212 yang berarti tingkat kepercayaan hanya 21,2%.

Tabel 1. Data Pengukuran Getaran Sebelum dilakukan *Signature Hole Analysis*

NO	DATE	DISTANCE (m)	CHARGE WEIGHT (Kg)	MEASURING DATA			
				Transversal (mm/s)	Vertikal (mm/s)	Longitudinal (mm/s)	Airblast (dB(A))
1	6 Apr 2019	100	57	16,570	8,922	23,600	130
2	6 Apr 2019	100	49	22,420	6,983	22,790	128
3	7 Apr 2019	400	51	7,251	4,934	5,100	124
4	7 Apr 2019	400	51	9,655	5,131	5,330	120
5	7 Apr 2019	400	51	5,202	4,185	6,321	117
6	10 Apr 2019	300	56	7,157	5,478	9,033	124
7	10 Apr 2019	300	56	3,421	0,851	5,194	98
8	12 Apr 2019	200	45	5,423	4,091	5,746	122
9	12 Apr 2019	200	45	5,943	5,249	8,772	128
10	13 Apr 2019	120	60	27,220	18,000	27,870	127
11	13 Apr 2019	100	60	17,010	14,130	30,32	123
12	15 Apr 2019	300	50	20,443	9,616	10,390	121
13	15 Apr 2019	300	50	11,930	8,307	13,690	122
14	16 Apr 2019	100	43	14,060	12,690	21,690	144
15	16 Apr 2019	100	43	13,140	11,590	12,190	134

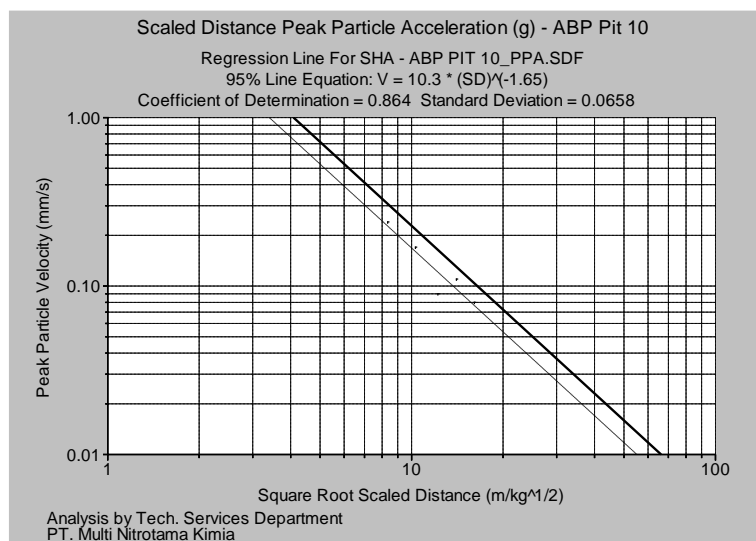


Gambar 5. Sclaed Distance Analysis Sebelum dilakukan *Signature Hole Analysis*

Setelah dilakukan percobaan *Signature Hole Analysis* terdapat trend positif dengan adanya peningkatan *Coefficient of Determinan* meningkat menjadi 0,864 atau menjadi 86,4% (Gambar 6. dan Tabel 2.) sehingga prediksi nilai getaran pada area pit 10 dapat menjadi rujukan untuk membuat desain peledakan berikutnya.

Tabel 2. Data Pengukuran Getaran Setelah dilakukan *Signature Hole Analysis*

NO	DATE	DISTANCE	CHARGE WEIGHT	MEASURING DATA			
				Transversal	Vertikal	Longitudinal	Airblast
		(m)	(Kg)	(mm/s)	(mm/s)	(mm/s)	(dB(A))
1	16 Jun 2019	168	109	0,080	0,080	0,040	131
2	16 Jun 2019	148	111	0,100	0,110	0,070	131
3	16 Jun 2019	128	110	0,080	0,090	0,070	131
4	16 Jun 2019	108	110	0,120	0,170	0,120	131
5	16 Jun 2019	87	110	0,230	0,200	0,240	131



Gambar 6. *Sclaed Distance Analysis* Setelah dilakukan *Signature Hole Analysis*

Hasil keluaran yang dihasilkan dari metode *Signature Hole Analysis* dikombinasikan *Scale Distance* adalah rekomendasi isian berdasar jarak. Data yang didapat sebelum *trial* menunjukkan bahwa untuk memperoleh nilai PPA (*Sesimic Load*) 0,07g tidak dapat dilakukan peledakan di area pit 10, sedangkan setelah dilakukan *Signature Hole Analysis* rekomendasi jarak berdasarkan isian membolehkan peledakan di area pit 10 dengan isian berdasarkan jarak untuk mencapai nilai PPA (*Sesimic Load*) yang diharapkan yaitu 0,07 g.

Tabel 2. Perbandingan Rekomendasi Isian Berdasar Jarak Sebelum dan Sesudah *Trial*

Distance (m)	Charge Weight (kg)	
	Before	After
50	0	6
100	0	24
150	0	54
200	0	96
250	0	150
300	0	216
350	0	294
400	0	384
450	0	600
500	0	726



Gambar 6. Perbandingan Rekomendasi Isian Berdasar Jarak Sebelum dan Sesudah Trial

D. KESIMPULAN

Berdasarkan proses perbaikan dan evaluasi dari analisa terhadap *Ground Vibration* yang akan mempengaruhi kestabilan lereng pada pit 10 didapat beberapa kesimpulan yang dijadikan dasar sebagai perbaikan terhadap proses peledakan :

- 1) Metode *Signature Hole Analysis* yang dikombinasikan dengan pendekatan *Scaled Distance*, berhasil menjadi solusi dalam tata kelola getaran peledakan di Pit 10. Hasilnya, sepanjang tahun 2019 berjalan, tidak ada isu berkenaan dengan bagian geotek dari lereng-lereng di seputaran area operasional Pit 10 Tabel 3. Pendekatan *Signature Hole Analysis* dan kontrol bersama tim Geoteknik menghasilkan kerjasama yang baik serta tata kelola kestabilan lereng menjadi lebih aman.

Tabel 3. Hasil Pemantauan *Ground Vibration* pada pit 10

Tanggal	Jarak (meter)	PPV (mm/s)	Frekuensi (Hz)	g (max)
10/06/2019	87	117,1	6,9	0,258622691
13/07/2019	240	21,88	7,9	0,055326736
19/07/2019	186	24,76	8,5	0,067364363
26/08/2019	166	18,48	16	0,044641713
29/08/2019	144	38,36	6,2	0,069125635
30/08/2019	275	13,13	5,8	0,02437549
05/09/2019	363	18,66	7,6	0,045392685

- 2) Hasil yang positif membuat jarak area peledakan dan isian dapat dioptimalkan sehingga membuat kegiatan peledakan kegiatan operasional yang lain menjadi lebih baik sehingga blasted material dapat ditingkatkan.
- 3) Peningkatan *Coefficient of Determinant* dari 0,212 menjadi 0,864 menunjukkan trend perubahan positif pada *Scaled Distance Analysis* yang berarti tingkat kepercayaan data meningkat sebesar 65,2%
- 4) *Scaled Distance Database* hasil dari *Signature Hole Analysis* bisa digunakan sebagai rujukan prediksi nilai *Peak Particle Acceleration (g)* pada pit 10

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada PT. Alamjaya Bara Pratama Indonesia sebagai pelanggan PT.Multi Nitrotama Kimia yang memberikan dukungan dan persetujuan mereka untuk menerbitkan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dowding, C.H. (1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, England: Routledge
- Hustrulid. W. (1999): *Blasting Principles for Open Pit Mining, Volume 1.* (pp. 272-273).
Brookfield: A.A. Balkema. Rotterdam.
- _____. (2010), *Blastware Operator Manual Handbook*, Instantel Inc., Ottawa, Ontario, Canada, 2010, pp. 6.35-6.58