

Analisis *Ground Vibration* pada Kegiatan Peledakan *Overburden* di Pit Timur PT Kuansing Inti Makmur, *Jobsite* Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi.

Intan Juita*, Gusman Mulya^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*intanjuita843@gmail.com

**mgusman1974@ft.unp.ac.id

Abstract. PT Kuansing Inti Makmur is a national private company engaged in the coal mining industry using the blasting method. Ground vibration is one of the negative impacts of blasting on the environment and surrounding buildings if it exceeds the predetermined standard. This mining location is close to Tanjung Belit Village which is currently 500 meters from the settlement according to the direction of mining progress. The threshold value for ground vibration is 0.9 mm/s based on the standards of PT Kuansing Inti Makmur. Ground vibration measurement data were analyzed using scaled distance theory to obtain the effect of explosive charge and distance on PPV which was divided into two based on the row direction (Row B – T and Row S – U) in order to get more referentative results. In the direction of row B – T using the power regression equation, based on the calculation results obtained by the equation $PPV=4844,8 x^{-1,648}$. Meanwhile, for the direction of row S – U using the average calculation using Microsoft Excel, the equation $PPV = 3669,05 x^{-1,6}$ is obtained. The vibration safety method uses a longer delay in the middle of the segment. Based on the scaled distance theory, predictions of explosive charge are obtained to achieve the specified vibration standard, namely for row B – T 55,5 kg ANFO at a distance of 1600 meters and row S – U 78,6 kg ANFO at a distance of 1600 meters. By using the blasting method with a longer delay in the middle of the segment, it is more effective to reduce vibration accumulation and predict vibrations with good material quality results.

Keyword : blsating, ground vibration, vibration standard, peak particle velocity, scaled distance

1. Pendahuluan

PT Kuansing Inti Makmur (PT KIM) adalah perusahaan swasta nasional berada di bawah naungan PT Sinar Mas Mining yang bergerak di bidang industri pertambangan batubara, berlokasi di *Jobsite* Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Aktivitas penambangan dilakukan dengan menggunakan metode tambang terbuka (*Open Pit Mining*) sehingga dalam upaya pengambilan bahan galiannya perlu dilakukan kegiatan pembongkaran tanah penutup (*overburden*).

Kegiatan pembakaran material lapisan tanah penutup sering dijumpai batuan yang bersifat relatif keras sehingga tidak dapat digali secara langsung karena akan berpengaruh pada produktivitas alat gali muat yang beroperasi. Selain untuk mencapai produktivitas, alat gali muat membutuhkan tinggi jenjang *loading* yang optimum dalam melakukan penggalan.

Maka untuk mencapai target produktivitas dan tinggi jenjang *loadig* yang optimum dilakukan suatu kegiatan pemberaian batuan dengan proses peledakan.

Kegiatan peledakan dilakukan selain memperhatikan target produksi dan tinggi jenjang *loadig* juga harus diperhitungkan dampak dari peledakan itu sendiri terutama dalam hal getaran tanah (*ground vibration*) yang dapat menimbulkan efek negatif pada daerah sekitar jika melampaui standar yang telah ditetapkan. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur bangunan disekitar lokasi peledakan, terutama perumahan warga pada dusun terdekat yang terletak dari lokasi peledakan dan dapat mengganggu kestabilan lereng di sekitar lokasi peledakan.

Aktivitas penambangan yang dilakukan di PT KIM berdekatan dengan permukiman yaitu Desa Tanjung Belit dengan jarak lokasi saat ini sudah mencapai 500 meter dari permukiman sesuai dengan arah kemajuan tambang. Kegiatan peledakan yang dilakukan mengarah kepada standar SNI 7571 : 2010 yaitu menggunakan PPV 2 mm/s. Namun pada tahun 2017 sampai November 2020 terdapat 170 rumah warga Desa Tanjung Belit mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi pada PPV antara 2 – 3 mm/s berupa retak-retak ringan di sejumlah bagian rumah.

Data rekaman hasil pengukuran getaran tanah menggunakan alat *Blasmate III* (Sumber : *Blast Engineering PT KIM*).

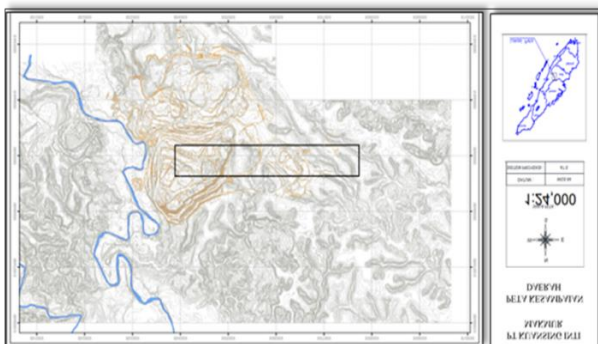
Hal ini terjadi disebabkan oleh struktur bangunan yang berada di bawah standar SNI 7571 sehingga mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Akibat dari peristiwa yang ditimbulkan mengakibatkan protes dari masyarakat Desa Tanjung Belit setiap ada getaran (dibawah standar) yang dirasakan kepada pihak perusahaan. Untuk memperbaiki kondisi tersebut pihak perusahaan melakukan pengurangan PPV secara bertahap mulai dari PPV 1,4 mm/s pada tahun 2017 dimana dengan PPV 1,4 mm/s pihak masyarakat masih protes dan bangunan masih ada yang mengalami kerusakan ringan.

Maka dilakukan pengurangan PPV menjadi 0,7 mm/s dengan kesepakatan bersama masyarakat sehingga menyebabkan isian sangat sedikit dan tidak mendukung material *blasting* sehingga tidak adanya kerusakan maupun protes dari masyarakat. ketika PPV 0,7 mm/s masih ada peledakan yang tidak sesuai dengan plan dan menyebabkan getaran yang tinggi dan kerusakan pada bangunan. Pada tahun 2019 terjadi pergantian kontraktor PT KIM dari PT Artamulia Tata Pratama ke PT Cipta Kridatama dengan pergantian kontraktor ini maka dilakukan negosiasi ulang untuk menaikkan PPV menjadi 0,9 mm/s namun baru dapat dilaksanakan pada Desember 2020 dengan menggunakan metode *segmented balst* tetapi masih ada protes dari masyarakat.

2. Tinjauan Pustaka

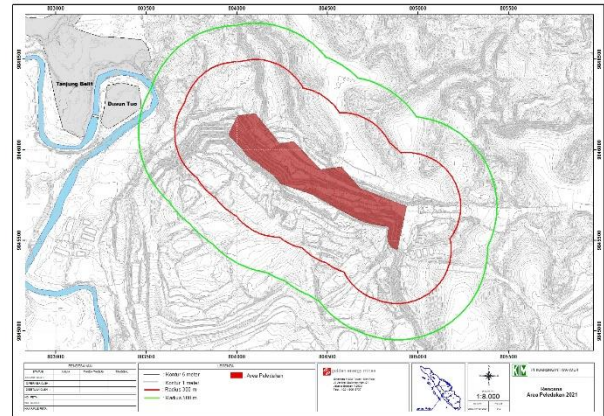
2.1 Lokasi Penelitian

Wilayah Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT Kuansing Inti Makmur (KIM) secara administratif termasuk ke dalam Jobsite Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi. Secara geografis terletak antara koordinat $101^{\circ} 43'3'' - 101^{\circ}43'58''$ Bujur Timur (BT) dan $01^{\circ}24'15'' - 01^{\circ} 25'15''$ Lintang Selatan (LS) (*Mine Engineering Dept PT KIM, 2020*). dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber : *Mine Engineering PT KIM (2020)*

Gambar 1. Lokasi Penelitian



Sumber : *Mine Engineering PT KIM (2020)*

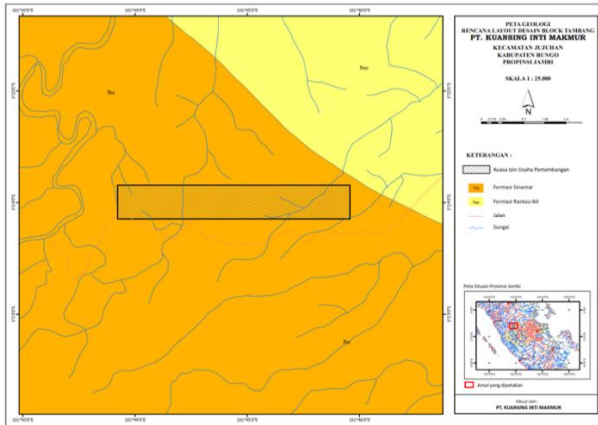
Gambar 2. Peta Penambangan

2.2 Keadaan Geologi dan Stratigrafi

Wilayah lokasi penelitian secara geologi termasuk dalam bagian peta geologi regional lembar rengat dapat dilihat pada Gambar 2. Suwarna dr., (1994) membagi runtunan batuan sedimen Tersier dalam Cekungan Sumatera Tengah bagian timur menjadi dua kelompok, yaitu Kelompok Rengat (Formasi Kelesa, Lakat, Tualang, dan Gumai) dan kelompok Japura (Formasi Airbenakat, Muaraenim, dan Kasai).

Stratigrafi dari wilayah PT Kuansing Inti Makmur mengacu kepada stratigrafi cekungan Sumatera Selatan dan terletak pada formasi Talang Akar. Formasi Talang Akar berumur antara Oligosen Atas – Miosen Bawah. Stratigrafi cekungan Sumatera Selatan terdiri dari enam formasi. Adapun penjelasan dari masing-masing formasi antara lain (*Mine engineering PT KIM, 2020*) :

- Formasi Kasai (KAF) terdiri dari batu pasir kasar unconsolidated, lempung berwarna hijau abu-abu, kerikil, lempung, batu apung, tufa konkresi vulkanik dengan kedalaman lebih kurang 200 m.
- Formasi Muara Enim (MEF) terdiri atas lempung pasiran, pasir dan lapisan batubara yang berselang seling dengan lanau dan lempung dari kedalaman 200 m hingga 360 m.
- Formasi Air Benakat (ABF) terdiri dari batu pasir selang-seling dengan serpih atau lempung kelabu tua dengan sisipan batubara. Kedalaman formasi Air benakat yaitu 360 m – 1135 m.
- Formasi Gumai (GUF) terdiri atas batuan utama serpih kelabu, napal berwarna coklat putih merupakan sisipan karbonat di dasar formasi. Kedalamannya 1135 m sampai 1600 m.
- Formasi Baturaja (BRF) terdiri dari batu gamping terumbu. Formasi Baturaja ini tidak berkembang dengan baik. Kedalamannya 1650 – 1700 m.
- Formasi Talang Akar (TAF) terdiri atas shale berwarna coklat muda karbonan berselang seling dengan batu gamping berwarna coklat, batu pasir gampingan, batu lempung, sisipan batubara dan batu pasir yang mengandung gas. Kedalaman lapisan Talang Akar mencapai 2.400 m.



Sumber : Mine Engineering PT KIM (2020)
Gambar 3. Peta Geologi

2.3 Kajian Teori

2.3.1 Kegiatan Peledakan

Kegiatan peledakan yaitu suatu upaya pemeraian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak. Menurut kamus pertambangan umum, “Bahan Peledak adalah senyawa kimia yang dapat bereaksi dengan cepat apabila diberikan suatu perlakuan, menghasilkan sejumlah gas bersuhu dan bertekanan tinggi dalam waktu yang sangat singkat” (Rendra, 2014 : 6).

Menghasilkan peledakan optimal perlu mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kegiatan peledakan (Diktat KJLI, 2011) :

- a. Kekuatan Bahan Peledak

Kekuatan bahan peledak merupakan ukuran yang digunakan untuk mengukur energi yang terkandung dalam bahan peledak dan kerja yang dapat dilakukan oleh bahan peledak.

- b. Energi Bahan Peledak

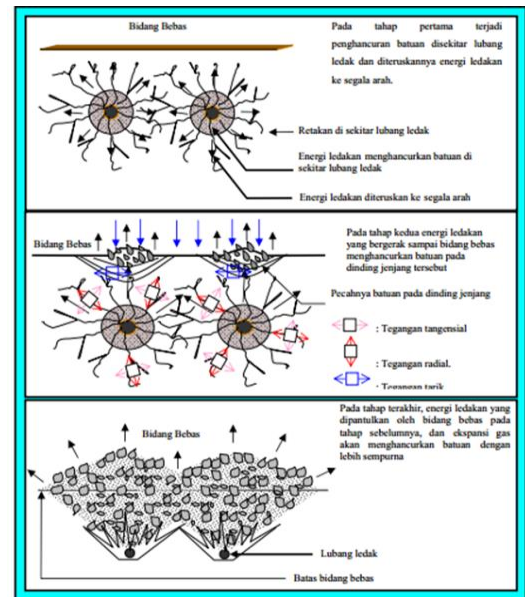
Rancangan peledakan dibuat dengan tujuan mengkontrol dan memaksimalkan energi bahan peledak untuk menghancurkan massa batuan.

- c. Jenis Energi Bahan Peledak

Ada dua jenis energi bahan peledak yang dilepaskan saat ledakan terjadi, yaitu *work energy* dan *waste energy*.

2.3.2 Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

- a. Proses Pemecahan Batuan Tingkat I (*dynamic loading*)
- b. Proses Pemecahan Batuan Tingkat II (*quasi-static loading*)
- c. Proses pemecahan batuan Tingkat III (*Release of Loading*)



Sumber : Wiliam Hastrulid, 1999
Gambar 4. Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

2.3.3 Getaran Tanah (Ground Vibration)

Getaran tanah adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan.

Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan (Koesnaryo, 2001).

2.3.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Hasil Peledakan

- a. Faktor Terkontrol
 1. Jumlah muatan bahan peledak per *delay*
 2. Jenis bahan peledak
 3. Waktu tunda
 4. Arah peledakan
 5. Jarak lokasi peledakan
- b. Faktor Tak Terkontrol
 1. Kondisi geologi batuan
 2. Karakteristik masa batuan

2.3.5 Teori Analisis Vibrasi (Teori Scale Distance)

Scale Distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran. Rumus Teori *Scale Distance* sebagai berikut:

$$PPV = K \left(\frac{d}{W^{0.5}} \right)^m$$

Sumber: *Scale Distance*

Keterangan:

- PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)
- D = Jarak dari recorder ke lokasi peledakan
- W = Total berat bahan peledak per minimum 8 ms/delay
- K,m = Konstanta,
- $d/W^{0,5}$ = Square root scale distance untuk isian lubang ledak (m/kg^{0,5})

Prediksi dasar PPV dapat dicapai dengan menggunakan persamaan berikut :

$$PPV = K(d/W^{0,5})^m = [(SD)]^{(-1,6)} \times K$$

Sumber: Oriard's formula

Keterangan:

- PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)
- SD = *Scale Distance* (m/kg^{0,5})
- K = *Confinement Factor*

Untuk mengkalkulasikan faktor K maka digunakan formula rumus dibawah ini:

$$K = PPV / (D/W^{0,5})^{(-1,6)}$$

Sumber: Oriard's formula

2.3.6 Standart Ground Vibration (Getaran Tanah)

Perusahaan tambang terbuka di Indonesia telah memiliki acuan untuk mengontrol efek dari kegiatan peledakan yang dilakukan yaitu SNI 7571:2010, seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. SNI 7571: 2010 (Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan)

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vektor Sum (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi Undang-Undang benda cagar budaya (Undang-Undang No. 6 tahun 1992).	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen.	3
3	Bangun 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 balk.	7-20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja.	12-40

Sumber : BSNI 2010

2.3.7 Regresi Power (Non Linear)

Dalam bukunya Statistik Anni Faridah (2014) mengungkapkan, analisi regresi dalam statistika adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel yang lain.

Tidak selamanya hal-hal yang akan diprediksi itu bisa tergambar secara linier, terkadang ada suatu penelitian yang tersebar datanya (tidak membentuk garis menurun atau menaik). Maka dari itu digunakan regresi non linier untuk meramalkannya. Salah satu regresi non linear adalah regresi non linier geometrik (power). Persamaan regresi power adalah sebagai berikut:

$$Y = aX^b \text{ atau } \log Y = \log a + b \log X$$

Keterangan :

- Y = Variabel tetap (log PPV)
- X = Variabel peubah (log SD)

Nilai a dan b merupakan konstanta yang dihasilkan dari peramalan menggunakan regresi power ini.

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. Koefisien determinasi (R²) menyatakan besar sumbangan pengaruh variabel bebas X terhadap variabel tak bebas Y. Sifat – sifat koefisien determinasi :

- a. Merupakan besaran non negative
- b. Batasannya adalah $0 \leq R^2 \leq 1$

3 Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Dikarenakan menurut Sugiono (2008:14) metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan”.

Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan bersifat kuantitatif atau dapat dikuantitatifkan. Selain metode penelitian kuantitatif penulis juga menggunakan metode penelitian terapan. Dikarenakan menurut A. Muri Yusuf (2005:102) metode penelitian terapan adalah suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian-penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Studi Literatur

Mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan materi yang akan dibahas di lapangan melalui buku-buku, laporan penelitian sebelumnya dan literatur dari internet.

3.2.2 Penelitian Langsung di Lapangan

Penelitian langsung dilapangan meliputi orientasi lapangan bersama karyawan perusahaan untuk langkah awal penelitian, penentuan objek yang diteliti dan pengambilan data primer.

3.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah mempelajari literatur dan orientasi lapangan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Untuk data primer diambil langsung dilapangan, sedangkan untuk data sekunder didapat dari literatur perusahaan atau laporan perusahaan maupun wawancara dengan karyawan perusahaan.

Adapun data primer yang diambil adalah sebagai berikut:

- Desain aktual pola rangkaian peledakan
- Geometri peledakan
- Jumlah bahan peledak per lubang (*hole*)
- Hasil pengukuran getaran (nilai PPV)
- Jarak pengukuran (jarak antara titik pengukuran dengan lokasi peledakan)
- Digging time* material hasil peledakan

Adapun data sekunder yang diambil adalah sebagai berikut:

- Blast Map* lokasi peledakan
- Blast design*, merupakan desain awal peledakan yang direncanakan
- Standard PPV perusahaan
- Nilai penerapan Geometri peledakan di perusahaan

3.2.4 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data (data primer dan data sekunder), diolah dengan menggunakan perangkat lunak komputer (*software*) *blaware* untuk getaran (nilai PPV/*Peak Particle Velocity*) dan *ShotPlus* untuk merancang rangkaian peledakannya. Data-data aktual ini (PPV, jarak dan isian bahan peledak) kemudian dihitung dengan teori *Scale Distance* untuk mendapatkan persamaan hubungan antara PPV dan *Scaled Distance*. Persamaan ini akan digunakan untuk menganalisis metode peledakan yang ada dari segi isian bahan peledaknya, serta prediksi berat isian bahan peledak yang tepat untuk mendapatkan standar nilai PPV yang ditetapkan. Namun dengan hal ini dilakukan jika

memungkinkan untuk diterapkan. Metode tertentu juga diterapkan untuk mengurangi getaran akibat peledakan dengan tetap memperhatikan kualitas hasil peledakan dari metode peledakan tersebut.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Geometri Peledakan

Geometri peledakan dibuat berdasarkan pengalaman dan uji coba (*trial and error*) yang dilakukan oleh PT Kuansing Inti Makmur *Jobsite* Tanjung Belit. Geometri peledakan yang diterapkan pada operasi peledakan pada batuan *sandymudstone* di PT Kuansing Inti Makmur *Jobsite* Tanjung Belit dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2. Kondisi Pemboran dan Peledakan yang Diterapkan

Geometri			
No	Item	Spesifikasi	Keterangan
1	Burden (B)	5 m	
2	Spasi (S)	6 m	
3	Stemming (T)	6,2 m	
4	Subdrilling (J)	0,25 m	
5	Kedalaman lubang (H)	8,5 m	Kedalaman rata-rata
6	Tinggi jenjang (L)	10 m	
7	Panjang kolom isian (PC)	2,3 m	
Pola Pemboran : Pemboran selang seling (<i>staggered pattern</i>)			
Metode Peledakan			
1	Pola peledakan	<i>Hole by Hole</i>	<i>Segmented Blast</i>
2	Tipe detonator	Elektronik Detonator	
3	Produk isian	ANFO	
4	Densitas	0,85 gr/cc	
5	Isian	40 kg	

4.2 Metode Peledakan yang Diterapkan di Pit Timur PT Kuansing Inti Makmur *Jobsite* Tanjung Belit

Kegiatan peledakan yang dilaksanakan di *Pit* Timur PT Kuansing Inti Makmur dengan pola peledakan *hole by hole* dengan menggunakan Elektronik detonator dengan panjang *wire* 9 m. Peledakan dilakukan dengan satu kali peledakan, namun dibagi menjadi beberapa *segment* dengan waktu tunda yang sama, artinya setiap peledakan dilakukan dengan menggunakan satu *Initiation Point* (IP) dengan membagi menjadi beberapa *segment* dan waktu tunda yang sama setiap *segment* yang akan diledakkan setelah dilakukan pengecekan.

Sistem rangkaian menggunakan sistem elektronik dengan pemicu awal peledakan elektronik detonator yang terhubung ke *blaster*.

4.3 Data Aktua Lapangan

Hasil pengukuran terhadap peledakan yang dilakukan di *Pit* Timur PT Kuansing Inti Makmur dengan menggunakan pola lubang ledak selang seling (*staggered*) dan pola peledakan menggunakan rangkaian *hole by hole*, didapatkan hasil pengukuran aktual getaran (*vibration*) berdasarkan jenis batuan yaitu material *sandy mudstone* dan material *ignimbrit* untuk mendapatkan hasil yang lebih referensetatif.

Berikut hasil pengukuran aktual getaran berdasarkan jenis batuan:

4.1.1 Material Sandy Mudstone

Pada material ini untuk hasil getaran dilakukan pemisahan data berdasarkan pola row yang diterapkan seperti berikut:

a. Hasil Pengukuran Getaran Arah *Row B – T*

Tabel 3 . Hasil Pengukuran Getaran Arah *Row B – T*

Tanggal	Elevasi	Av. Depth (m)	Holes	Charge/delay (kg)	ppv (mm/s)	Dist
08-Aug	95 – 89	6,11	86	15,00	0,35	1,357
09-Aug	95 – 89	6,04	80	20,00	0,33	1,441
10-Aug	95 – 86	6,02	85	15,00	0,41	1,204
11-Aug	88 – 82	6,00	86	20,00	0,35	1,362
12-Aug	88 – 80	8,00	50	30,00	0,46	1,427
13-Aug	88 – 80	8,00	71	32,00	0,48	1,497
15-Aug	81 – 73	7,76	72	30,00	0,73	1,288
18-Aug	88 – 82	5,79	58	20,00	0,88	994
19-Aug	88 – 82	6,50	24	20,00	0,51	944
19-Aug	77 – 69	8,00	35	29,00	0,59	1,277
20-Aug	77 – 69	8,00	67	30,00	0,89	1,244
23-Aug	81 – 73	8,00	92	23,00	0,90	957
24-Aug	81 – 73	8,00	78	23,00	1,11	899
25-Aug	81 – 73	6,50	67	15,00	0,73	864
29-Aug	84 – 76	7,80	73	30,00	0,81	1,029
05-Sep	75 – 67	8,10	105	30,00	1,25	993
13-Jan	87 – 79	8,00	37	37,50	0,43	1,447
17-Jan	95 – 87	8,00	53	45,00	0,65	1,559
19-Jan	96 – 88	8,00	32	50,00	0,41	1,653
01-Mar	80 – 72	8,00	49	40,00	0,67	1,271
04-Mar	114 – 108	6,00	80	28,00	0,59	1,021
06-Mar	71 – 63	8,00	88	45,00	0,89	1,314
08-Mar	71 – 63	8,00	70	43,00	0,87	1,249
10-Mar	79 – 71	8,00	100	38,00	1,13	1,162
16-Mar	68 – 60	8,12	96	40,00	0,93	1,128
17-Mar	73 – 66	6,52	65	25,00	0,70	1,056
30-Mar	97-91	6,50	101	23,00	0,81	879
03-Apr	91 - 85	6,30	71	23,00	0,68	875
04-Apr	88 - 82	6,80	103	23,00	0,91	1062
05-Apr	88 - 82	6,50	117	23,00	0,85	947
06-Apr	88 - 82	6,50	122	23,00	0,65	943
08-Apr	81 - 74	6,20	125,00	24,00	0,70	1002

b. Hasil Pengukuran Getaran Arah *Row S – U*

Tabel 4 . Hasil Pengukuran Getaran Arah *Row S – U*

Tanggal	Elevasi	Av. Depth (m)	Holes	Charge/delay (kg)	PPV (mm/s)	Dist
03-Sep	70 – 64	6,20	85	20,00	0,51	868
07-Sep	70 – 62	7,70	70	25,00	0,71	918
13-Sep	82 – 76	6,10	54	15,00	0,51	722
15-Sep	80 – 72	7,90	81	30,00	0,30	1,202
17-Sep	70 – 62	7,68	85	29,00	0,98	1,096
20-Sep	62 – 54	7,88	70	28,00	0,41	1,284
23-Sep	64 – 56	7,88	80	19,00	0,32	1,185
24-Sep	71 – 63	8,00	78	28,00	0,91	1,250
30-Sep	75 – 67	7,88	65	30,00	1,00	1,249
06-Oct	84 – 78	6,00	61	18,00	0,31	812
08-Oct	84 – 78	6,00	70	20,00	0,51	1,053
12-Oct	82 – 76	6,00	51	15,00	0,90	736
13-Oct	84 – 78	6,00	70	19,00	0,68	796
07-Nov	65 – 59	6,16	60	17,00	0,82	709
09-Nov	67 – 60	7,09	61	30,00	1,03	1,126
11-Nov	67 – 60	7,13	63	29,00	1,24	1,060
12-Nov	67 – 60	7,12	66	24,00	0,76	1,016
06-Dec	80 – 72	8,40	75	35,00	0,63	1,352
10-Dec	92 – 84	8,02	60	35,00	0,89	1,316
13-Dec	82 – 74	7,40	48	35,00	0,49	1,376
14-Dec	80 – 72	8,10	60	37,50	0,85	1,366
16-Jan	72 – 64	8,00	80	38,00	0,62	1,421
25-Feb	92 – 82	8,03	103	43,00	1,16	1,263
28-Feb	83 – 75	8,00	77	40,00	0,75	1,320
09-Mar	82 – 74	8,00	93	33,00	0,81	1,027
18-Mar	75 – 69	6,50	72	25,00	0,44	1,012
07-Apr	84 - 78	6,50	105	20,00	0,86	871

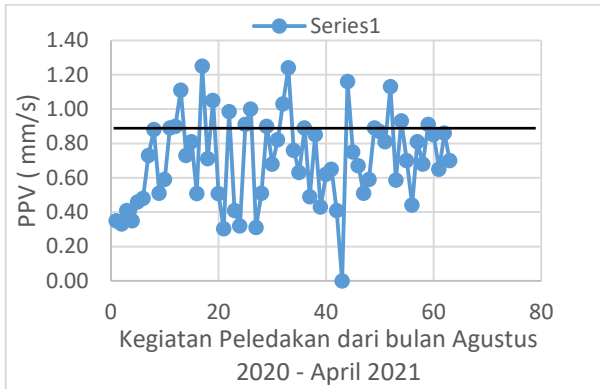
4.1.2 Material Ignimbrit

Tabel 5. Hasil Pengukuran Getaran pada Material *Ignimbrit*

Tanggal	Elevasi	Av. Depth (m)	Holes	Charge/delay (kg)	PPV (mm/s)	Dist
28-Jan	120 – 114	6,50	56	40,00	(not record)	1.652
02-Mar	80 – 72	7,85	50	40,00	0,51	1.254
13-Mar	111 – 105	6,00	90	24,00	0,59	965

Pemisahan hasil pengukuran pada material *ignimbrit* dilakukan karena pada material tersebut terdapat porositas yang tinggi sehingga terjadi *stemming ejection* dan *loose energy* pada saat kegiatan peledakan dan akan mempengaruhi hasil analisis apabila digabungkan dengan data material *sandy mudstone*.

Berikut hasil pengukuran vibrasi secara keseluruhan :



Gambar 5. Hasil Pengukuran Vibrasi dari Bulan Agustus 2020 – April 2021

Berdasarkan data tabel diatas data pengukuran *ground vibration* yang di dapat dengan menggunakan alat *blasmate* ⁱⁱⁱ, masih ada data yang melebihi standar dari kesepakatan antara pihak perusahaan dengan masyarakat yaitu 0,9 mm/s pada jarak 500 - 1.600 meter dan menyebabkan protes dari masyarakat.

4.4 Isian Bahan Peledak

4.4.1 Scaled Distance

a. Perhitungan *Scaled Distance* Arah Row B – T

Tabel 6. Tabel Perhitungan *Scaled Distance* Arah Row B – T

Tanggal	Elevasi	Av. Depth (m)	Holes	Charg e/ delay (kg)	ppv (mm/s)	Dist	SD
08-Aug	95 – 89	6,11	86	15,00	0,35	1.357	350,38
09-Aug	95 – 89	6,04	80	20,00	0,33	1.441	586,33
10-Aug	95 – 86	6,02	85	15,00	0,41	1.204	490,71
11-Aug	88 – 82	6,00	86	20,00	0,35	1.362	556,03
12-Aug	88 – 80	8,00	50	30,00	0,46	1.427	260,53
13-Aug	88 – 80	8,00	71	32,00	0,48	1.497	264,63
15-Aug	81 – 73	7,76	72	30,00	0,73	1.288	462,37
18-Aug	88 – 82	5,79	58	20,00	0,88	994	222,27
19-Aug	88 – 82	6,50	24	20,00	0,51	944	211,08
19-Aug	77 – 69	8,00	35	29,00	0,59	1.277	451,49
20-Aug	77 – 69	8,00	67	30,00	0,89	1.244	439,82
23-Aug	81 – 73	8,00	92	23,00	0,90	957	199,55
24-Aug	81 – 73	8,00	78	23,00	1,11	899	187,45
25-Aug	81 – 73	6,50	67	15,00	0,73	864	338,89
29-Aug	84 – 76	7,80	73	30,00	0,81	1.029	187,87
05-Sep	75 – 67	8,10	105	30,00	1,25	993	348,90
13-Jan	87 – 79	8,00	37	37,50	0,43	1.447	511,59
17-Jan	95 – 87	8,00	53	45,00	0,65	1.559	551,19
19-Jan	96 – 88	8,00	32	50,00	0,41	1.653	584,42
01-Mar	80 – 72	8,00	49	40,00	0,67	1.271	200,96
04-Mar	114 – 108	6,00	80	28,00	0,59	1.021	192,95
06-Mar	71 – 63	8,00	88	45,00	0,89	1.314	195,88
08-Mar	71 – 63	8,00	70	43,00	0,87	1.249	190,47
10-Mar	79 – 71	8,00	100	38,00	1,13	1.162	188,50
16-Mar	68 – 60	8,12	96	40,00	0,93	1.128	178,35
17-Mar	73 – 66	6,52	65	25,00	0,70	1.056	211,20
30-Mar	97-91	6,50	101	23,00	0,81	879	183,28
03-Apr	91 – 85	6,30	71	23,00	0,68	875	182,45
04-Apr	88 – 82	6,80	103	23,00	0,91	1.062	221,44
05-Apr	88 – 82	6,50	117	23,00	0,85	947	197,46
06-Apr	88 – 82	6,50	122	23,00	0,65	943	196,63
08-Apr	81 -74	6,20	125,00	24,00	0,70	1.002	204,53

b. Perhitungan *Scaled Distance* Arah Row S – U

Tabel 7. Tabel Perhitungan *Scaled Distance* Arah Row S-U

Tanggal	Elevasi	Av. Depth (m)	Holes	Charge/ delay (kg)	PPV (mm/s)	Dist	SD
03-Sep	70 – 64	6,20	85	20,00	0,51	868	194,09
07-Sep	70 – 62	7,70	70	25,00	0,71	918	183,60
13-Sep	82 – 76	6,10	54	15,00	0,51	722	186,42
15-Sep	80 – 72	7,90	81	30,00	0,30	1.202	219,45
17-Sep	70 – 62	7,68	85	29,00	0,98	1.096	203,52
20-Sep	62 – 54	7,88	70	28,00	0,41	1.284	242,65
23-Sep	64 – 56	7,88	80	19,00	0,32	1.185	271,86
24-Sep	71 – 63	8,00	78	28,00	0,91	1.250	236,23
30-Sep	75 – 67	7,88	65	30,00	1,00	1.249	228,04
06-Oct	84 – 78	6,00	61	18,00	0,31	812	191,39
08-Oct	84 – 78	6,00	70	20,00	0,51	1.053	235,46
12-Oct	82 – 76	6,00	51	15,00	0,90	736	190,03
13-Oct	84 – 78	6,00	70	19,00	0,68	796	182,61
07-Nov	65 – 59	6,16	60	17,00	0,82	709	171,96
09-Nov	67 – 60	7,09	61	30,00	1,03	1.126	205,58
11-Nov	67 – 60	7,13	63	29,00	1,24	1.060	196,84
12-Nov	67 – 60	7,12	66	24,00	0,76	1.016	207,39
06-Dec	80 – 72	8,40	75	35,00	0,63	1.352	228,53
10-Dec	92 – 84	8,02	60	35,00	0,89	1.316	222,44
13-Dec	82 – 74	7,40	48	35,00	0,49	1.376	232,59
14-Dec	80 – 72	8,10	60	37,50	0,85	1.366	223,07
16-Jan	72 – 64	8,00	80	38,00	0,62	1.421	230,52
25-Feb	92 – 82	8,03	103	43,00	1,16	1.263	192,61
28-Feb	83 – 75	8,00	77	40,00	0,75	1.320	208,71
09-Mar	82 – 74	8,00	93	33,00	0,81	1.027	178,78
18-Mar	75 – 69	6,50	72	25,00	0,44	1.012	202,40
07-Apr	84 - 78	6,50	105	20,00	0,86	871	194,76

c. Perhitungan *Scaled Distance* Material Ignimbrit

Tabel 8. Tabel Perhitungan *Scaled Distance* Material Ignimbrit

Tanggal	Elevasi	Av. Depth (m)	Holes	Charge/ delay (kg)	PPV (mm/s)	Dist	SD
28-Jan	120 – 114	6,50	56	40,00	(not record)	1.652	261,20
02-Mar	80 – 72	7,85	50	40,00	0,51	1.254	198,27
13-Mar	111 – 105	6,00	90	24,00	0,59	965	196,98

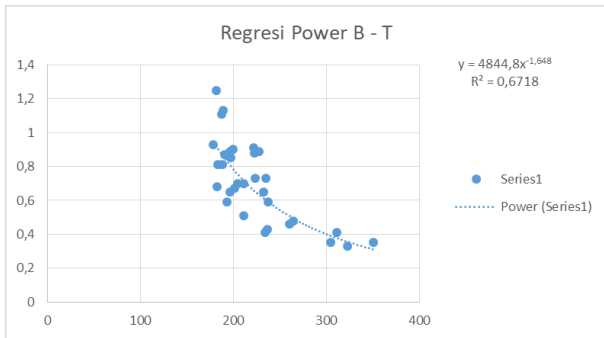
4.4.2 Persamaan Hubungan Antara *Peak Particle Velocity (PPV)* dan *Scaled Distance (SD)*

Faktor yang paling mempengaruhi nilai PPV berdasarkan pada rumus *Scaled Distance* adalah isian bahan peledak pada jarak pengukuran. Untuk mendapatkan persamaan hubungan antara PPV dan *Scaled Distance* digunakan hasil perhitungan dari 62 data dimana didalamnya terdiri dari data pengukuran pada bulan Agustus 2020 sampai bulai April 2021. Hasil pengukuran PPV terbagi menjadi tiga hasil pengukuran yaitu:

a. Material *Sandy Mundstone* Arah Row B – T sebanyak 32 data

Pada arah row B – T hubungan dua variabel diperoleh dengan menggunakan regresi power, dikarenakan nilai koefisien determinasi (R²) regresi power ini lebih tinggi dibandingkan regresi lainnya. Berdasarkan hasil

perhitungan dengan menggunakan regresi power, diperoleh persamaan regresi yang merupakan persamaan hubungan antara PPV dan SD, sehingga persamaan regresi tersebut menjadi $PPV=4844,8x^{(-1.648)}$ grafik regresi dapat dilihat pada Gambar 20 berikut :



Gambar 6. Regresi Power pada Row B – T

b. Material *Sandy Mundstune* Arah Row S – U sebanyak 27 data

Pada row arah S – U hubungan antara PPV dan *Scaled Distance* diperoleh dengan menggunakan rata-rata untuk mendapatkan nilai konstanta dengan menggunakan ketetapan persamaan $PPV = K. (SD)^{-1,6}$, maka akan dilakukan perhitungan nilai konstanta menggunakan program *microsoft excel* untuk mendapatkan nilai rata-rata konstanta. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh persamaan yang merupakan persamaan hubungan antara PPV dan SD menjadi $PPV=3669,05 x (-1.6)$ perhitungan konstanta dapat dilihat pada gambar Tabel 10 berikut:

Tabel 9. Perhitungan Nilai Konstanta

Tanggal	Charge/delay (kg)	PPV (mm/s)	Dist	SD	Konstanta
03-Sep	20,00	0,51	868	194,09	2326,33
07-Sep	25,00	0,71	918	183,60	2974,78
13-Sep	15,00	0,51	722	186,42	2180,97
15-Sep	30,00	0,30	1202	219,45	1683,28
17-Sep	29,00	0,98	1096	203,52	4861,54
20-Sep	28,00	0,41	1284	242,65	2683,87
23-Sep	19,00	0,32	1185	271,86	2512,44
24-Sep	28,00	0,91	1250	236,23	5706,52
30-Sep	30,00	1,00	1249	228,04	5926,56
06-Oct	18,00	0,31	812	191,39	1388,14
08-Oct	20,00	0,51	1053	235,46	3181,50
12-Oct	15,00	0,90	736	190,03	3984,50
13-Oct	19,00	0,68	796	182,61	2824,66
07-Nov	17,00	0,82	709	171,96	3093,77
09-Nov	30,00	1,03	1126	205,58	5171,32
11-Nov	29,00	1,24	1060	196,84	5807,55
12-Nov	24,00	0,76	1016	207,39	3869,68
06-Dec	35,00	0,63	1352	228,53	3746,70
10-Dec	35,00	0,89	1316	222,44	5069,26
13-Dec	35,00	0,49	1376	232,59	2997,31
14-Dec	37,50	0,85	1366	223,07	4863,12
16-Jan	38,00	0,62	1421	230,52	3738,65
25-Feb	43,00	1,16	1263	192,61	5247,21
28-Feb	40,00	0,75	1320	208,71	3857,73
09-Mar	33,00	0,81	1027	178,78	3252,27
18-Mar	25,00	0,44	1012	202,40	2154,71
07-Apr	20,00	0,86	871	194,76	3960,08
Rata-rata				209,69	3669,05

c. Material *ignimbrit* hanya 3 data

Material *ignimbrit* hanya 3 data karena kegiatan peledakan jarang dilakukan pada material ini, peledakan dilakukan setelah inspeksi pengawas dan operator dinyatakan bahwa material tersebut keras dan berpotensi merusak kuku *bucket*. Nilai konstanta yang dihasilkan jauh lebih kecil dikarenakan terjadinya *steaming ejection* dan *loose energy* sehingga tidak dapat dijadikan acuan dalam kegiatan peledakan. Berikut tabel hasil pengukuran pada material *ignimbrit*:

Tabel 10. Hasil Pengukuran pada Material *Ignimbrite*

Tanggal	Charge/delay (kg)	PPV (mm/s)	Dist	SD	Konstanta
28-Jan	28,00	(not record)	1.652	312,20	#VALUE!
02-Mar	40,00	0,51	1.254	198,27	2416,56
13-Mar	24,00	0,59	965	196,98	2752,41

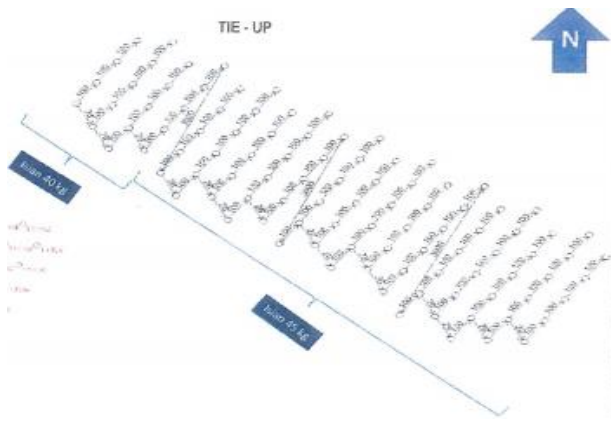
4.5 Metode Usulan Peledakan dengan Metode Delay Tengah Segment Lebih Panjang

Pada tahap ini, melakukan perubahan terhadap rancangan peledakan untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Berikut ini empat kali percobaan (*trial*) dilakukan:

a. Percobaan Pertama

Tabel 11. Rancangan Percobaan Pertama

No	Detail	
1	Drill Pattern	6 x 7
2	Rata-rata depth	8 m
3	Jumlah lubang	103 holes
4	Tie-up design	Hole by Hole
5	Tipe Detonator	Elektronik detonator
6	Jumlah segment	4 segment
7	Banyak lubang persegment	I = 19 holes
		II = 23 holes
		III = 26 holes
		IV = 35 holes
8	Isian persegment	I = 40 kg
		II, III, IV = 45 kg
9	Delay antar segment	4000 ms
10	Produk isian	ANFO
11	Density	0,85 gt/cc

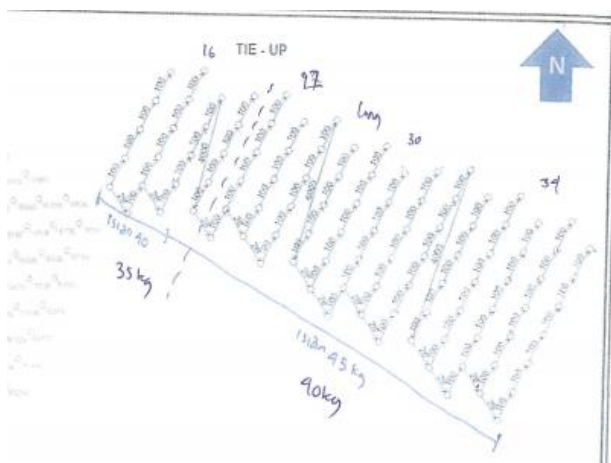


Gambar 7. Blast Design Percobaan Pertama

b. Percobaan Kedua

Tabel 12. Rancangan Percobaan Kedua

No	Detail	
1	Drill Pattern	6 x 7
2	Rata-rata depth	8 m
3	Jumlah lubang	77 holes
4	Tie-up design	Hole by Hole
5	Tipe Detonator	Elektronik detonator
6	Jumlah segment	4 segment
7	Banyak lubang persegment	I = holes II = holes III = holes
	Isian persegment	I, = 35 kg II, III, IV = 40 kg
9	Delay antar segment	I ke II = 4000 ms II ke III = 6000 ms
10	Produk isian	ANFO
11	Density	0,85 gr/cc

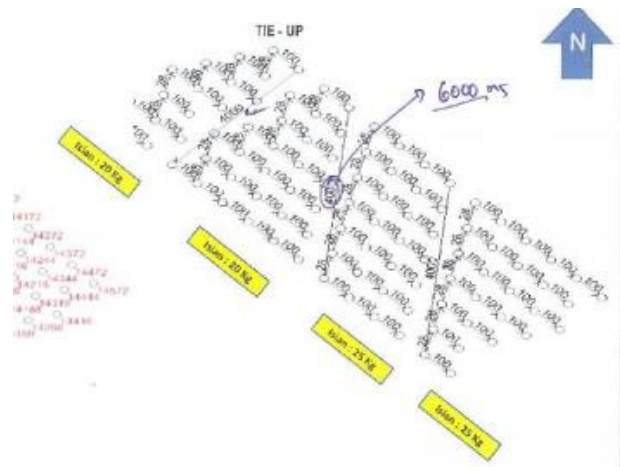


Gambar 8. Blast Design Percobaan Kedua

c. Percobaan Ketiga

Tabel 13. Rancangan Percobaan Ketiga

No	Detail	
1	Drill Pattern	5 x 6
2	Rata-rata depth	6,5 m
3	Jumlah lubang	101 holes
4	Tie-up design	Hole by Hole
5	Tipe Detonator	Elektronik detonator
6	Jumlah segment	4 segment
7	Banyak lubang persegment	I = 18 holes II = 30 holes III = 31 holes IV = 22 holes
8	Isian per segment	I, II = 20 kg III, IV = 25 kg
9	Delay antar segment	I ke II = 4000 ms II ke III = 6000 ms III ke IV = 4000 ms
10	Product isian	ANFO
11	Density	0,85 gr/cc

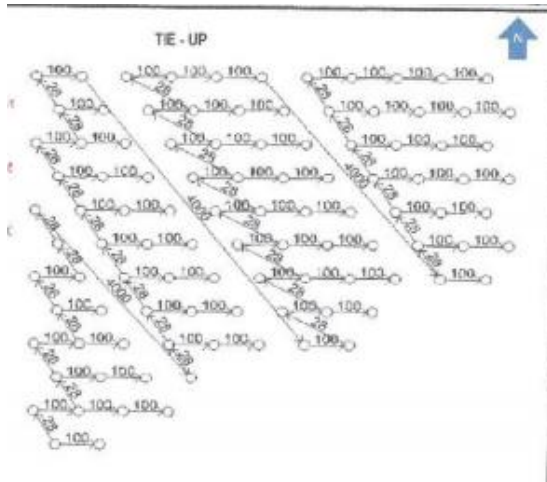


Gambar 9. Blast Design Percobaan Ketiga

d. Percobaan Keempat (Pemastian)

Tabel 14. Rancangan Percobaan Keempat

No	Detail	
1	Drill Pattern	5 x 6
2	Rata-rata depth	6,5 m
3	Jumlah lubang	103 holes
4	Tie-up design	Hole by Hole
5	Tipe Detonator	Elektronik detonator
6	Jumlah segment	4 segment
7	Banyak lubang persegment	I = 18 holes II = 30 holes III = 31 holes IV = 22 holes
8	Isian per segment	I, II = 20 kg III, IV = 25 kg
9	Delay per segment	4000 ms
10	Produk isian	ANFO
11	Density	0,85 gr/cc



Gambar 10. Blast Design Percobaan Keempat

Berikut hasil pengukuran *ground vibration* peledakan dengan menggunakan metode *delay* lebih panjang tengah *segment* :

Tabel 15. Hasil Pengukuran *Ground Vibration* Peledakan dengan Menggunakan Metode *Delay* Tengah *Segment* Lebih Panjang

No	Lokasi	Charg e/ delay	Tie Up	Dist	ppv (mm/s)	Getaran Tertinggi	Digging Time
		(kg)					
1	Pit Timur	43,00	Hole by Hole (Selatan - Utara)	1.263	1,16	Segment IV	8,2
2	Pit Timur	40,00	Hole by Hole (Selatan - Utara)	1.320	0,75	Segment I	8,4
3	Pit Timur	23,00	Hole by Hole (Timur - Barat)	879	0,81	Segment I	8,7
4	Pit Timur	23,00	Hole by Hole (Timur - Barat)	1090	0,91	Segment IV	8,14

Digging time standar untuk *excavator* CAT6015B maksimal 10,13 detik (standar PT Kuansing Inti Makmur).

4.6 Analisis *Ground Vibration* pada Metode Peledakan

4.6.1 Hubungan PPV dan *Scaled Distance* (SD)

Untuk mendapatkan nilai konstanta dilakukan perhitungan berdasarkan arah row material Sandy Mudstone yaitu arah row T – B dengan Y (4844,8) dan X (-1,648) dan arah row S – U dengan Y (3669,05) dan X (-1,6). Penulis menggunakan perhitungan dengan menggunakan regresi power untuk arah Row B – T dan rata-rata arah Row S – U dari data pengukuran PPV aktual dilapangan.

Dengan menggunakan konstanta tersebut maka didapatkan persamaan hubungan antara PPV dan SD yaitu arah row B – T dengan $PPV = 4844,8 (SD)^{-1,648}$ dan arah row S – U dengan $PPV = 3669,05 (SD)^{-1,6}$. Berdasarkan data pengukuran vibrasi aktual dilapangan pada jarak 500 – 1600 meter yang dibagi menjadi dua

hasil pengukuran memiliki perbedaan yang cukup berarti antara nilai PPV aktual dan teori (prediksi). Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut:

- a. Perbandingan Pengukuran Aktual dan PPV Prediksi Arah Row B – T

Tabel 16. Perbandingan Pengukuran Aktual dan PPV Prediksi Arah Row B – T

NO	Konstanta	SD	PPV		Simpangan PPV Aktual - PPV Prediksi	PPV Std		Distance
			Aktual	Prediksi		SNI	PT KIM	
1	4844,8	350,38	0,35	0,41	-0,06	2	0,9	1357
2	4844,8	322,22	0,33	0,47	-0,14	2	0,9	1441
3	4844,8	310,87	0,41	0,50	-0,09	2	0,9	1204
4	4844,8	304,55	0,35	0,51	-0,16	2	0,9	1362
5	4844,8	260,53	0,46	0,66	-0,20	2	0,9	1427
6	4844,8	264,63	0,48	0,64	-0,16	2	0,9	1497
7	4844,8	235,16	0,73	0,78	-0,05	2	0,9	1288
8	4844,8	222,27	0,88	0,85	0,03	2	0,9	994
9	4844,8	211,08	0,51	0,93	-0,42	2	0,9	944
10	4844,8	237,13	0,59	0,77	-0,18	2	0,9	1277
11	4844,8	227,12	0,89	0,82	0,07	2	0,9	1244
12	4844,8	199,55	0,9	1,01	-0,11	2	0,9	957
13	4844,8	187,45	1,11	1,12	-0,01	2	0,9	899
14	4844,8	223,08	0,73	0,85	-0,12	2	0,9	864
15	4844,8	187,87	0,81	1,11	-0,30	2	0,9	1029
16	4844,8	181,30	1,25	1,18	0,07	2	0,9	993
17	4844,8	236,29	0,43	0,77	-0,34	2	0,9	1447
18	4844,8	232,40	0,65	0,79	-0,14	2	0,9	1559
19	4844,8	233,77	0,41	0,79	-0,38	2	0,9	1653
20	4844,8	200,96	0,67	1,00	-0,33	2	0,9	1271
21	4844,8	192,95	0,59	1,07	-0,48	2	0,9	1021
22	4844,8	195,88	0,89	1,04	-0,15	2	0,9	1314
23	4844,8	190,47	0,87	1,09	-0,22	2	0,9	1249
24	4844,8	188,50	1,13	1,11	0,02	2	0,9	1162
25	4844,8	178,35	0,93	1,21	-0,28	2	0,9	1128
26	4844,8	211,20	0,7	0,92	-0,22	2	0,9	1056
27	4844,8	183,28	0,81	1,16	-0,35	2	0,9	879
28	4844,8	182,45	0,68	1,17	-0,49	2	0,9	875
29	4844,8	221,44	0,91	0,86	0,05	2	0,9	1062
30	4844,8	197,46	0,85	1,03	-0,18	2	0,9	947
31	4844,8	196,63	0,65	1,04	-0,39	2	0,9	943
32	4844,8	204,53	0,7	0,97	-0,27	2	0,9	1002

- b. Perbandingan Pengukuran Aktual dan PPV Prediksi Arah Row S – U

Tabel 17. Perbandingan Pengukuran Aktual dan PPV Prediksi Arah Row S – U

NO	Konstanta	SD	PPV		Simpangan PPV Aktual - PPV Prediksi	PPV Std		Distance
			Aktual	Prediksi		SNI	PT KIM	
1	3669,05	194,09	0,508	0,80	-0,29	2	0,9	868
2	3669,05	183,60	0,71	0,88	-0,17	2	0,9	918
3	3669,05	186,42	0,508	0,85	-0,35	2	0,9	722
4	3669,05	219,45	0,302	0,66	-0,36	2	0,9	1202
5	3669,05	203,52	0,984	0,74	0,24	2	0,9	1096
6	3669,05	242,65	0,41	0,56	-0,15	2	0,9	1284
7	3669,05	271,86	0,32	0,47	-0,15	2	0,9	1185
8	3669,05	236,23	0,91	0,59	0,32	2	0,9	1250
9	3669,05	228,04	1	0,62	0,38	2	0,9	1249
10	3669,05	191,39	0,31	0,82	-0,51	2	0,9	812
11	3669,05	235,46	0,51	0,59	-0,08	2	0,9	1053
12	3669,05	190,03	0,9	0,83	0,07	2	0,9	736
13	3669,05	182,61	0,68	0,88	-0,20	2	0,9	796
14	3669,05	171,96	0,82	0,97	-0,15	2	0,9	709
15	3669,05	205,58	1,03	0,73	0,30	2	0,9	1126
16	3669,05	196,84	1,24	0,78	0,46	2	0,9	1060
17	3669,05	207,39	0,76	0,72	0,04	2	0,9	1016
18	3669,05	228,53	0,63	0,62	0,01	2	0,9	1352
19	3669,05	222,44	0,89	0,64	0,25	2	0,9	1316
20	3669,05	232,59	0,49	0,60	-0,11	2	0,9	1376
21	3669,05	223,07	0,85	0,64	0,21	2	0,9	1366
22	3669,05	230,52	0,62	0,61	0,01	2	0,9	1421
23	3669,05	192,61	1,16	0,81	0,35	2	0,9	1263
24	3669,05	208,71	0,75	0,71	0,04	2	0,9	1320
25	3669,05	178,78	0,81	0,91	-0,10	2	0,9	1027
26	3669,05	202,40	0,44	0,75	-0,31	2	0,9	1012
27	3669,05	194,76	0,86	0,80	0,06	2	0,9	871

4.6.2 Prediksi Isian Bahan Peledak Maksimal yang Meledak Per Delay

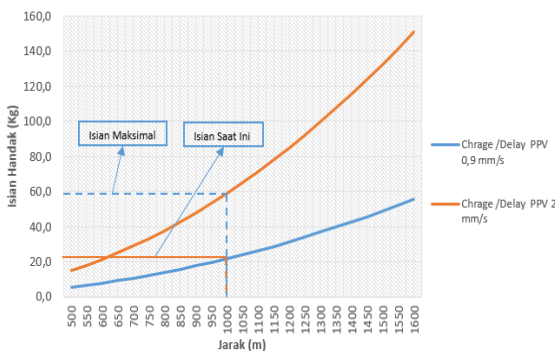
- a. Prediksi Isian Bahan Peledak Row B – T
- b. Prediksi Isian Bahan Peledak Row S – U

Tabel 18. Prediksi Isian Bahan Peledak
a) b)

Jarak	Chrage /Delay		Jarak	Chrage /Delay	
	PPV 0,9 mm/s	PPV 2 mm/s		PPV 0,9 mm/s	PPV 2 mm/s
500	5,4	14,7	500	7,7	20,8
550	6,6	17,8	550	9,3	25,2
600	7,8	21,2	600	11,1	30
650	9,2	24,9	650	13	35,2
700	10,6	28,8	700	15	40,8
750	12,2	33,1	750	17,3	46,9
800	13,9	37,7	800	19,6	53,3
850	15,7	42,5	850	22,2	60,2
900	17,6	47,7	900	24,9	67,5
950	19,6	53,1	950	27,7	75,2
1000	21,7	58,8	1000	30,7	83,3
1050	23,9	64,9	1050	33,8	91,8
1100	26,2	71,2	1100	37,1	100,8
1150	28,7	77,8	1150	40,6	110,2
1200	31,2	84,7	1200	44,2	119,9
1250	33,9	91,9	1250	48	130,1
1300	36,7	99,4	1300	51,9	140,8
1350	39,5	107,2	1350	55,9	151,8
1400	42,5	115,3	1400	60,2	163,2
1450	45,6	123,7	1450	64,5	175,1
1500	48,8	132,4	1500	69,1	187,4
1550	52,1	141,4	1550	73,8	200,1
1600	55,5	150,6	1600	78,6	213,2

4.6.3 Hubungan Antara Jarak dan Isian Bahan Peledak yang Meledak Per Delay

- a. Menggunakan Regresi Power pada Row B – T

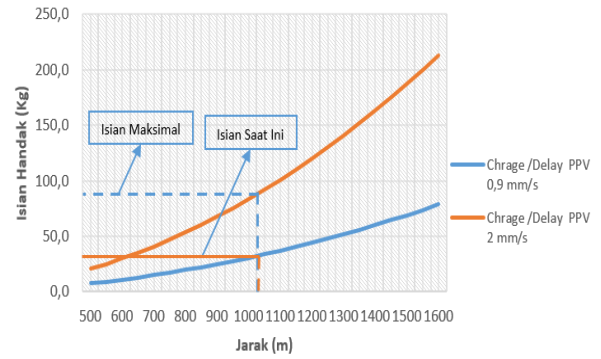


Gambar 11. Grafik Hubungan Jarak dan Isian

Dari data grafik di atas dapat dilihat untuk mendapatkan nilai PPV = 0,9 mm/s pada jarak 1000 meter seperti yang ditetapkan oleh pihak perusahaan, maka isian bahan peledak yang diterapkan berkisar

pada jumlah isian (ANFO) sebesar 21,7 kg Berdasarkan acuan diatas, isian bahan peledak aktual masih berada dibawah standar. Dimana isian bahan peledak aktual yang saat ini diterapkan PT KIM adalah 40 kg.

- b. Menggunakan Rata-Rata pada Row S – U



Gambar 12. Grafik Hubungan Jarak dan Isian

Dari data grafik di atas dapat dilihat untuk mendapatkan nilai PPV = 0,9 mm/detik pada jarak 1000 meter seperti yang ditetapkan oleh pihak perusahaan, maka isian bahan peledak yang diterapkan berkisar pada jumlah isian (ANFO) sebesar 30,7 kg. Berdasarkan acuan diatas, isian bahan peledak aktual masih berada dibawah standar. Dimana isian bahan peledak aktual yang saat ini diterapkan PT KIM adalah 40 kg.

5 Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rancangan peledakan yang diterapkan di Pit Timur PT Kuansing Inti Makmur Jobsite Tanjung Belit sudah memenuhi standar vibrasi nasional yaitu 2 mm/s, namun standar vibrasi yang ditetapkan dengan kesepakatan antara masyarakat dan perusahaan pada 0,9 mm/s masih ada protes dari masyarakat.
2. Hasil Peak Particle Velocity (PPV) pengukuran getaran tanah (ground vibration) dari 32 data untuk arah row B – T di peroleh rata-rata PPV aktual 0,707 mm/s, PPV rata-rata analisis (prediksi) 0,894 mm/s dan nilai penyimpangan PPV -0,187 mm/s dan untuh arah row S – U di peroleh rata-rata PPV aktual 0,718 mm/s, PPV rata-rata analisis (prediksi) 0,73 mm/s dan nilai penyimpangan PPV -0,01 mm/s.
3. Dari hubungan PPV dan scaled distance diperoleh persamaan dari $y = 4844,8 x - 1,648$ dengan $R^2 = 0,6718$ untuk mendapatkan nilai PPV diangka

0,9 mm/s dengan jarak 500 m maka dibutuhkan isian maksimal sebanyak 5,4 kg dan pada jarak 1.600 m sebanyak 55,5 kg ANFO 0,85 untuk arah Row B – T dan persamaan dari $y = 3669,05 x - 1,6$ untuk mendapatkan nilai PPV diangka 0,9 mm/s dengan jarak 500 m maka dibutuhkan isian maksimal sebanyak 7,7 kg dan pada jarak 1.600 m sebanyak 78,6 kg ANFO 0,85 arah Row S – U.

4. Penggunaan metode peledakan dengan *delay* lebih panjang ditengah *segment* lebih efektif untuk mengurangi akumulasi getaran dan memprediksi getaran dengan hasil kualitas material yang baik

5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan pengecekan pada *Mobile Mixing Unit* (MMU) ketika baru sampai dilapangan sebelum masuk ke lokasi peledakan dan sebelum bahan peledak disebar setiap lubang bor.
2. Ketika melakukan kegiatan peledakan pada material *ignimbrite* menggunakan material *interburden seam* 300 agar mengurangi terjadinya *flyrock*.
3. Faktor tidak terkontrol (geologi batuan, tofografi, bidang lemah) sebaiknya diperhitungkan untuk penelitian sejenis dimasa akan datang.
4. Sebaiknya dilakukan peninjauan geometri peledakan yang diterapkan untuk mendapatkan nilai vibrasi yang lebih terkontrol.

Daftar Pustaka

- [1]. Ainalis, D., Ducarne, L., Kaufmann, O., Tshibangu, J. P., Verlinden, O., & Kouroussis, G. (2018). Improved analysis of ground vibrations produced by man-made sources. *Science of the Total Environment*, 616, 517-530.
- [2]. Aloui, M., Bleuzen, Y., Essefi, E., & Abbes, C. (2016). Ground vibrations and air blast effects induced by blasting in open pit mines: Case of Metlaoui Mining Basin, South western Tunisia. *Journal of Geology and Geophysics*, 5(3).
- [3]. Anonim. (2012). Diktat Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian. Diklat Teknik Pemberaian Batuan. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- [4]. Anonim. (2013). Diklat Teknik Pemberaian Batuan pada Penambangan Bahan Galian. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- [5]. Anonim. (2016). Materi advance drill and blast: Air Decking Methode. PT Pamapersada Nusantara. Bandung.
- [6]. Badan Standar Nasional Indonesia SNI 7571:2010. (2010). Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang. Jakarta.
- [7]. Fikri, M. A., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Pada Pit Tambang Air Laya Barat Section C-C' PT Bukit Asam (PERSERO) TBK., Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 3(2), 835-849.
- [8]. Koesnaryo, S., 2001, Rancangan Peledakan Batuan (Design Of Rock Blasting), Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.
- [9]. Kursus Juru Ledak Kelas II. (2004). Modul. Bandung. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara.
- [10]. Minara, Y., & Yulhendra, D. (2020). Analisis Pengurangan Getaran Tanah (Ground Vibration) Hasil Peledakan Overburden Di Pit Agathis PT Kalimantan Prima Persada Jobsite HJUR, Rantau, Kalimantan Selatan. *Bina Tambang*, 5(5), 78-88.
- [11]. Modul Diklat Juru Ledak Kelas 2, (2011)
- [12]. Modul Diklat Juru Ledak Kelas XVI, (2011)
- [13]. Prabowo, H., & Yarsila, A. C. (2019). Evaluasi Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Tambang Bawah Tanah Dalam Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Guna Meningkatkan Mutu Keselamatan Kerja Pada Area Penambangan Batubara Lokasi CBP PT. CAHAYA BUMI PERDANA. *Bina Tambang*, 4(1), 175-181.
- [14]. Rinaldo, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 3(3), 1163-1173.
- [15]. Taylor, Richard. 2010. *Macraes Phase III Vibration and Air Blast Assessment. New Zealaand*.