

Studi Pengaruh Tingkat Getaran Tanah (*Ground Vibration*) Akibat Peledakan Terhadap Bangunan sekitar Pit 13 HW

Study of the Effect of Ground Vibration Levels Due to Blasting to Buildings Around Pit 13 HW Location

Vandrianus Felix Feto Nuwa^{1*}, Revia Oktaviani¹, Harjuni Hasan¹, Tommy Trides¹, Albertus Juvensius Pontus¹

Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman Samarinda

* Korespondensi E-mail: fvandrianus@gmail.com

Abstrak

PT. PAMA merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan dan merupakan kontraktor dari PT. Indominco Mandiri yang berlangsung sejak tahun 1996. kontrak kerja yang diberikan yaitu peledakan, dari aktivitas peledakan banyak muncul dampak yang terjadi salah satunya *ground vibration*, maka dari itu perlu mengukur tingkat *ground vibration* di area *west block* yang dimana terdapat beberapa area kritis berupa bangunan seperti kantor, tempat penampungan solar (*fuel oil*), dan laboratorium PT. Indominco mandiri, Dimana sudah ada komplain terkait getaran yang besar dan potensi tumpahan solar dari *fuel oil*. Pada penelitian nilai *peak vector sum (pvs)* yang dihasilkan pada bulan Desember 2022 yaitu *1,57 mm/s* dengan jarak terdekat yaitu 785 meter dan pada bulan Januari 2023 *4,21 mm/s* dengan jarak 500 meter. Untuk penggunaan bahan peledak maksimal di bulan desember tahun 2022 dan di januari 2023 sebesar 2.513 Kg. Nilai *pvs* ini masih aman, karena masih di bawah *5,0 mm/s* dan sesuai SNI 7572: 2010.

Kata kunci: *Ground Vibration, Aktivitas Peledakan, Peak Vector Sum (PVS), Scaled Distance (SD).*

Abstract

PT. PAMA is a company engaged in mining and is a contractor of PT. Indominco Mandiri which has been running since 1996. The work contract given is blasting, from blasting activities many impacts arise, one of which is ground vibration, therefore it is necessary to measure the level of ground vibration in the west block area where there are several critical areas in the form of buildings such as offices, solar (fuel oil) storage, and PT. Indominco Mandiri, where there have been complaints regarding large vibrations and the potential for diesel spills from fuel oil. In the study the peak vector sum (pvs) value produced in December 2022 was 1.57 mm/s with the closest distance of 785 meters and in January 2023 4.21 mm/s with a distance of 500 meters. The maximum use of explosives item for explosive holes in December 2022 and January 2023 is 2,513 kg. This pvs value is still safe, because it is still below 5.0 mm/s and according to SNI 7572: 2010.

Keywords: *Ground Vibration, Blasting Activities, Peak Vector Sum (PVS), Scaled Distance (SD).*

1. Pendahuluan

Dalam dunia petambangan, ada banyak kegiatan - kegiatan atau tahap - tahap penambangan yang harus dilakukan, salah satunya adalah kegiatan peledakan. Kegiatan peledakan dilakukan untuk memudahkan pekerja tambang dalam mengambil bahan galian yang akan dimanfaatkan seperti batubara dari lapisan penutupnya. Kegiatan peledakan dilakukan untuk memberaikan batuan dengan volume besar menjadi batuan dengan volume lebih kecil sehingga mudah dalam pengambilan dan pengangkutan. Namun kegiatan peledakan memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Salah satu dampak negatif yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan adalah getaran tanah (*ground vibration*). Lokasi-lokasi peledakan yang akan dilakukan biasanya

berdekatan dengan bangunan - bangunan serta berdekatan dengan wilayah pemukiman penduduk. Oleh karena itu, diperlukan suatu kondisi peledakan yang baik dengan memperhatikan jumlah bahan peledak yang akan digunakan serta perlu adanya pengukuran tingkat getaran tanah. Besarnya tingkat getaran tanah yang akan ditimbulkan, akan mempengaruhi kondisi lingkungan disekitarnya (Revia Oktaviani dkk, 2016).

Peledakan merupakan proses pembeaian batuan dalam volume yang besar menggunakan bahan peledak agar massa batuan mudah digali dan diangkut dengan alat mekanis. Peledakan dilakukan apabila penggalian menggunakan alat mekanis tidak memungkinkan lagi sehingga diperlukan suatu metode untuk membongkar

material dari batuan induknya (Koesnaryo, S 2021).

Box cut merupakan pola atau rangkaian peledakan yang dibuat *zig – zag* dimana arah lemparan material atau batuan hasil peledakannya mengarah ke *initiation point (ip)* atau dimana mulainya peledakan . Bila terjadi lubang yang tidak meledak dari 5 lubang , maka akan dilakukan peledakan kembali untuk lubang tersebut (Lintong, 2022).

Distribusi bahan peledak adalah faktor penting dalam menentukan berhasil atau tidaknya suatu kegiatan peledakan. Sehingga diharapkan agar seluruh energi bahan peledak pada saat peledakan bisa digunakan secara maksimal untuk sejumlah volume batuan yang akan diledakan sehingga dapat bermanfaat secara teknis dan ekonomis (Koesnaryo, 1998).

Baku tingkat getaran adalah batas maksimal tingkat getaran yang diperbolehkan dari usaha atau kegiatan pada media padat sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan dan kesehatan serta keutuhan bangunan (Anonim dkk, 2019).

Untuk dapat meminimalisir dampak *ground vibration* yaitu dengan cara mengetahui faktor yang mempengaruhi getaran tanah tersebut dengan memperhatikan jumlah bahan peledak dan jarak dari lokasi yang akan dilakukannya kegiatan peledakan (Nur hikmah, 2015).

Peak particle velocity adalah kecepatan maksimum untuk menghitung suatu tingkat getaran disuatu tempat yang bergantung dari jarak pengukuran terhadap titik dan banyaknya bahan peledak yang menggunakan delay dan juga merupakan nilai maksimum dari kecepatan partikel yang bergerak pada gelombang getaran dan ditunjukkan dalam satuan mm/s (Ferry fahdly, 2014).

$$PPV = \frac{(d)^{-\alpha}}{\sqrt{w}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- PPV : *Peak particle velocity (mm/s)*.
- d : Jarak pengukuran (m).
- w : Jumlah bahan peledak perdelay (kg).
- α : Konstanta kondisi massa batuan.

Peak vector sum merupakan resultan dari *peak particle velocity* gelombang *vertikal, longitudinal, transversal*, dan merupakan keseluruhan dari nilai getaran. Bentuk persamaan juga berlaku untuk hubungan antara *peak vector sum (pvs)*, *scaled distance (sd)* yang dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$PVS = K \times SD^{-m} = SD \frac{(D)}{\sqrt{W}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- PVS : *Peak vector sum (mm/s)*.
- K : Konstanta.
- SD : *Scaled distance (m/kg)*.
- D : *Distance (m)*.
- W : Berat bahan peledak (kg).

Scaled distance adalah parameter untuk dimensi dan jarak pengukuran getaran tanah. Untuk *scaled distance* yang tinggi akan aman karena semakin jauh jarak pengukuran dari titik peledakan akan lebih aman dibandingkan dengan dengan jarak pengukuran lebih dekat. *Scaled distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak atau jarak dengan muatan bahan peledak per waktu tunda yang dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

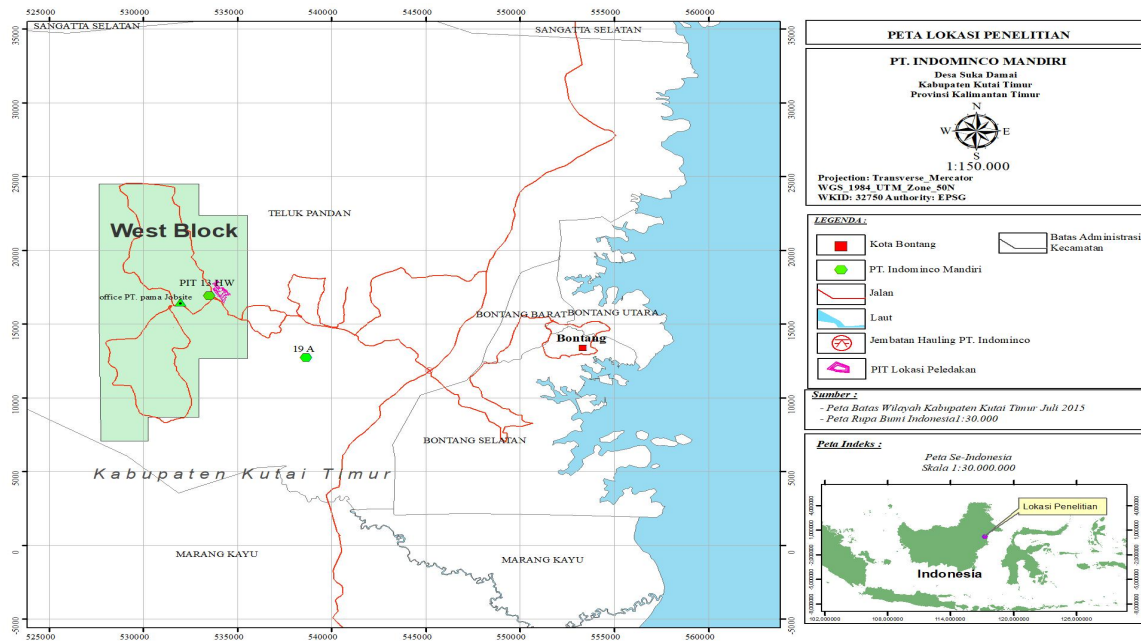
$$SD = \frac{(R)}{\sqrt{w}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- SD : *Scaled distance (m/kg)*.
- R : Jarak pengukuran (m).
- W : Berat bahan peledak (kg).

2. Metode

PT. Pamapersada Nusantara berlokasi di jalan raya Bontang – Samarinda KM.10 Tandung Mayang, Desa suka damai, Kecamatan Sanggata, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Dimana terdapat 2 pit besar yaitu pit 9 A dan pit 13 hw di *west block area* dan memiliki litologi batuan berupa batupasir dan batulanau. Secara geografis terletak pada 523800.53 m E UTM, 9995640.17 m S UTM dan 543582.73 m E UTM, 9976051.26 m S UTM seperti pada (gambar 1) dan lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur darat dengan menggunakan bus angkutan karyawan dan sepeda motor.



Gambar 1. Peta kesampaian daerah lokasi penelitian

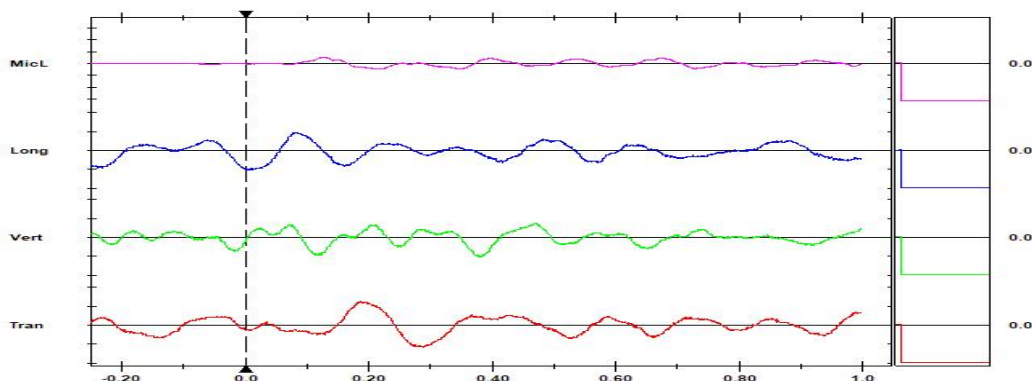


Gambar 2. Pengambilan data : (a) Pengukuran getaran, dan (b) Blasmate III Alat ukur getaran

Pada penelitian ini peneliti melakukan observasi lapangan seperti pengamatan secara langsung di lapangan untuk melihat keadaan dan kondisi umum pada lokasi penelitian dan dilakukan pengambilan data getaran (gambar 2a).

(gambar 2b). Setelah melakukan pengambilan data kemudian tersebut dianalisa dan diolah dengan menggunakan *software blastware 10.74* dan hasil dari pengukuran tersebut berupa grafik seperti (gambar 3) dibawah.

Pengambilan data getaran (*ground vibration*) menggunakan alat ukur getaran yaitu blasmate III



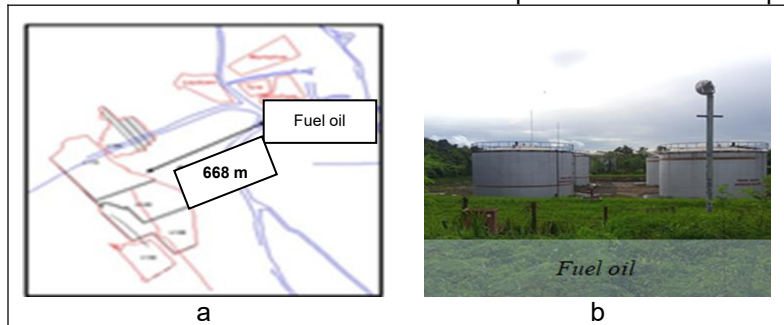
Gambar 3. Grafik getaran dari blasmate III

Sumber :Blasmate III (file name T880JTAM.CW0)

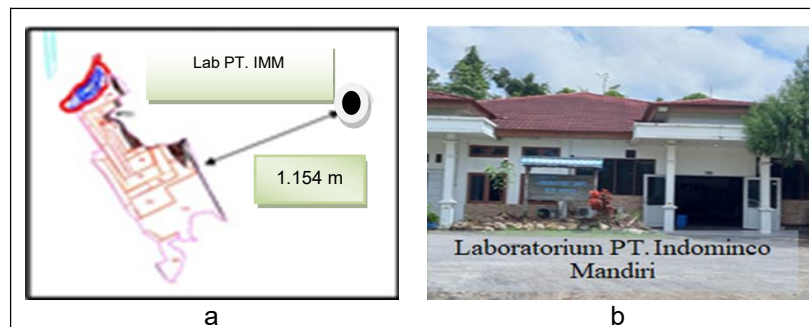
3. Hasil dan Pembahasan

Keadaan Umum Tempat Penelitian. memiliki jenis batuan berupa batupasir dan batulanau, yang merupakan material keras sehingga pada proses pemboran (*drilling*) membutuhkan waktu yang lama karena batuan yang di bor merupakan batuan yang sifatnya keras sehingga perlu dilakukan kegiatan

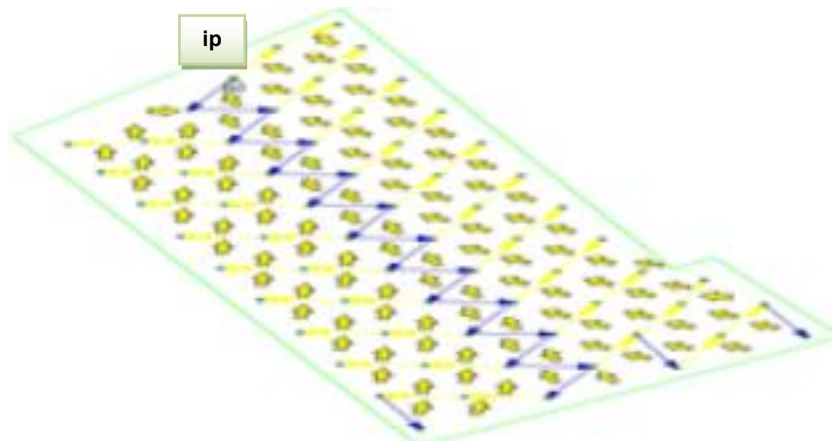
peledakan (*blasting*). Kegiatan peledakan dilakukan setiap hari pada waktu istirahat yaitu pada jam 01.00 wita sampai dengan jam 03.00 wita. Adapun faktor terjadi keterlambatan peledakan seperti belum siapnya lubang ledak, alat mekanis rusak, lamanya evakuasi untuk manusia dan alat, dan pada saat turun hujan sehingga peledakan bisa ditunda sampai hujan berhenti atau pada sore hari pukul 16.00 wita bahkan peledakan dilakukan pada malam hari.



Gambar 4. Jarak lokasi peledakan (a), dan tempat kritis 1 (b)



Gambar 5. Jarak lokasi peledakan (a), dan tempat kritis 2 (b)



Gambar 6. Pola peledakan

Kegiatan peledakan menggunakan beberapa aksesoris atau perlengkapan, mulai dari yang menghantarkan listrik hingga tidak menggunakan energi yang menghantarkan listrik. Pemakaian perlengkapan dengan cara listrik ini digunakan pada saat proses pengisian bahan peledak, penggunaan *harness wire* dan detonator listrik, sistem listrik ini digunakan saat inisiasi sebagai

pemicu awal ledakan seperti detonator listrik disambungkan di *blasting machine* menggunakan *lead wire* dengan menyambungkan *inhole delay* dengan *surface delay*, dan *booster* sehingga terbentuklah satu rangkaian. Peledakan dan dilakukan menggunakan bahan peledak untuk isian utama yaitu *amminium nitrate fuel oil (anfo)*. Unsur senyawa kimia *ammonium nitrat (an)*

memiliki rumus : NH_4NO_3 disederhanakan menjadi $N_2H_4O_3$, sedangkan *fuel oil (fo)*, memiliki rumus : $CO_2N_2H_2O$.



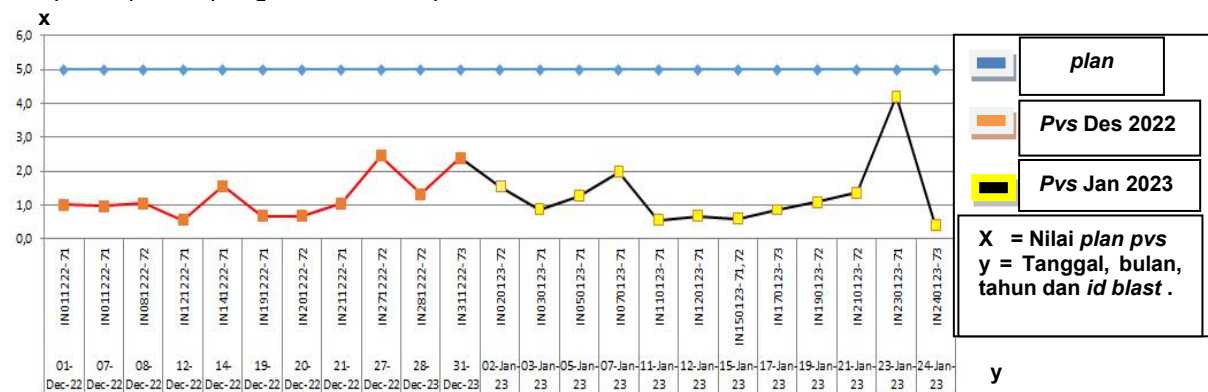
Gambar 7. *Blasting machine* (a), dan *surface delay* (b)



Gambar 8. *Booster* (a) dan *lead wire* (b)

Hasil pengukuran getaran tanah (*ground vibration*) diperoleh data seperti (tabel 4) setelah dilakukan pengolahan data dari tabel tersebut menggunakan *ms. Excel* didapat hasil berupa grafik seperti (gambar 8). Pengukuran getaran dilakukan di dua tempat kritis yang berbeda yaitu tempat penampungan solar pada bulan

desember 2022 dan di laboratorium PT. indominco mandiri pada bulan januari 2023 sebanyak 23 data. Secara grafik terbilang aman, karena *peak vector sum* masih di bawah batas rencana yaitu 5 mm/s .



Gambar 8. Grafik *pvs* desember 2022 dan januari 2023

Berat isian adalah banyaknya jumlah bahan peledak yang akan di gunakan pada lubang ledak sebelum di mulainya proses kegiatan

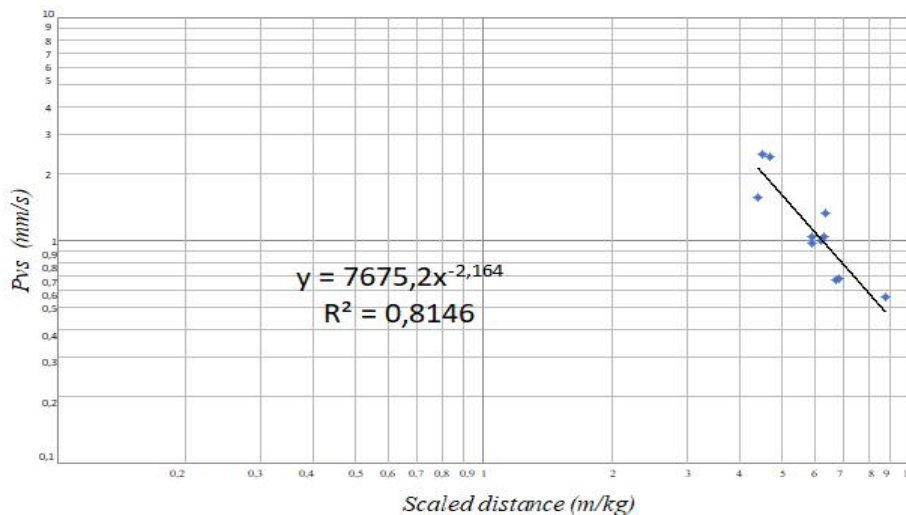
peledakan yang tujuannya adalah untuk menghancurkan material – material keras.

Tabel 1. Berat Isian Bahan Peledak

Tanggal	Berat isian (Kg)	Jarak (m)	Jarak & berat handak (m/kg)	pvs (mm/s)
01 des 22	187,73	1.204	87,87	1,00
07 des 22	225,92	1.089	72,45	0,97
08 des 22	158,76	795	63,10	1,04
12 des 22	207,38	1.260	87,50	0,56
14 des 22	210,32	785	54,13	1,57
19 des 22	199,18	950	67,31	0,67
20 des 22	211,46	995	68,42	0,68
21 des 22	204,83	1.191	83,22	1,04
27 des 22	157,85	982	78,16	2,46
28 des 22	202,17	1.425	100,22	1,33
31 des 22	158,59	1.023	81,23	2,40

Pada tabel 1 penggunaan berat isian bahan peledak terbesar pada tanggal 07 Desember 2022 sebesar 225,92 kg. Dikarenakan saat pengisian kedalam lubang ledak bahan peledak terlalu banyak yang masuk dan untuk jarak lokasi peledakan jauh yaitu 1.089 meter dari tempat tempat kritis. Berat isian bahan peledak terendah tanggal 27 Desember 2022 yaitu 157, 85 kg dan jarak lokasi peledakan ke tempat kritis dekat

yaitu 982 meter, maka dari itu untuk berat isian bahan peledak tidak boleh lebih akan berpengaruh ke getaran dan pada saat pengisian bahan peledak ke lubang ledak kondisi lubang ledak tidak boleh berair karena akan mengurangi berat isian bahan peledak karena larut didalam air.



Gambar 9. Grafik hubungan pvs dan sd 1

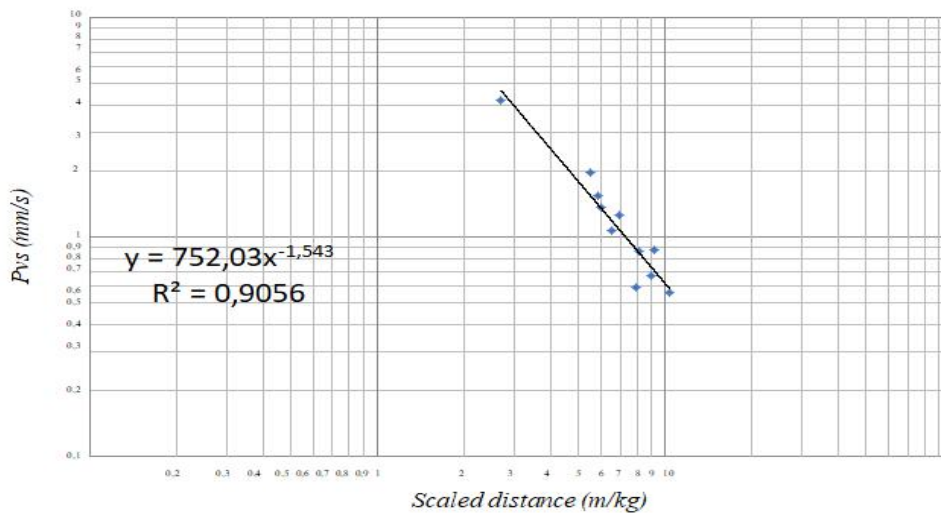
Grafik diatas merupakan hasil dari pengolahan data berat isian (tabel 1), maka dibuat hubungan seperti gambar 9, untuk memperoleh berat isian bahan peledak yang di gunakan. Perhitungan berat isian bahan peledak menggunakan nilai yang ada dalam grafik menggunakan $pvs = 7675,2 \times (sd)^{-2,164}$ dengan menggunakan nilai $plan\ pvs = 5,0\ mm/s$ dan jarak lokasi peledakan dari lokasi *fuel oil* 668 meter, maka di peroleh berat isian bahan peledak

507 kg. Nilai R^2 merupakan keakuratan data yang di peroleh dari pengukuran getaran di lapangan dari 11 lokasi berbeda. Untuk mendapatkan hubungan antara *peak vector sum* dan *scaled distance* maka di buat seperti gambar 9, untuk berat isian bahan peledak yang akan di gunakan pada lubang ledak sebelum dimulainya kegiatan peledakan.

Tabel 2 Penentuan Berat Isian Bahan Peledak

Tanggal	Berat isian (Kg)	jarak (m)	Jarak & berat handak (m/kg)	Pvs (mm/s)
02 jan 23	163,30	916	71,68	1,55
03 jan 23	148,08	1.117	91,79	0,88
05 jan 23	167,34	1.266	97,87	1,27
07 jan 23	303,35	1.242	71,31	1,98
11 jan 23	219,09	1.255	84,79	0,56
12 jan 23	218,89	1.083	73,20	0,67
15 jan 23	314,82	1.409	79,41	0,59
17 jan 23	252,93	1.054	66,27	0,86
19 jan 23	215,46	965	65,74	1,08
21 jan 23	253,26	950	59,70	1,37
23 jan 23	344,06	500	26,96	4,21
24 jan 23	211,38	1.418	97,53	0,40

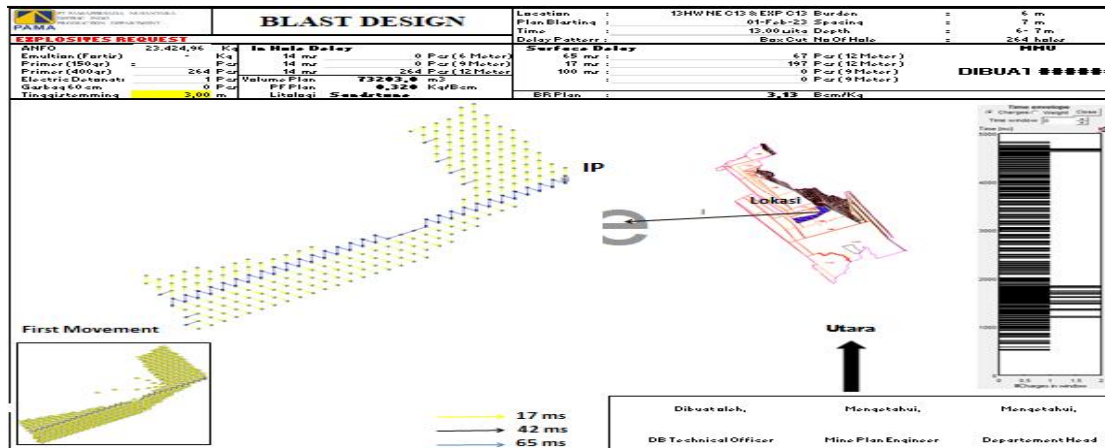
Pada tanggal 23 januari 2023 dengan berat isian terbesar adalah 344,06 kg dengan jarak 500 meter dan berat isian terendah pada 23 januari 2023 yaitu 148,08 kg.



Gambar 10. Grafik hubungan pvs dan sd 2

Pada gambar 10 dengan nilai y (*pvs*) = $752,03 \times (sd)^{-1,543}$ dengan menggunakan nilai *plan pvs* = 5,0 mm/s dan jarak lokasi peledakan dari lokasi laboratorium PT.Indominco Mandiri 1.154 meter maka diperoleh berat isian bahan peledak sebesar 2.006 kg. Nilai $R^2 = 0,9056$ menandakan bahwa data pengukuran getaran bulan januari 2023 lebih akurat dari 12 lokasi berbeda. Untuk keseluruhan data yaitu 23 data selama bulan desember dan januari 2023. Untuk mendapatkan hubungan antara *peak vector sum* dan *scaled distance* maka di buat seperti gambar 10.

Dari kegiatan peledakan yang dilakukan masih terjadi beberapa permasalahan seperti lubang gagal ledak dan banyaknya lubang ledak yang meledak secara bersamaan yang berakibat dampak dari getaran semakin besar dapat dilihat dari *time envelope* aktual (gambar 11) bahwa masih banyak lubang ledak yang meledak secara bersamaan. Maka dari itu peneliti merekomendasikan alternatif untuk mencegah permasalahan yang ada. Untuk perbandingan antara desain aktual dan rekomendasi dapat dilihat pada (tabel 4) dibawah.



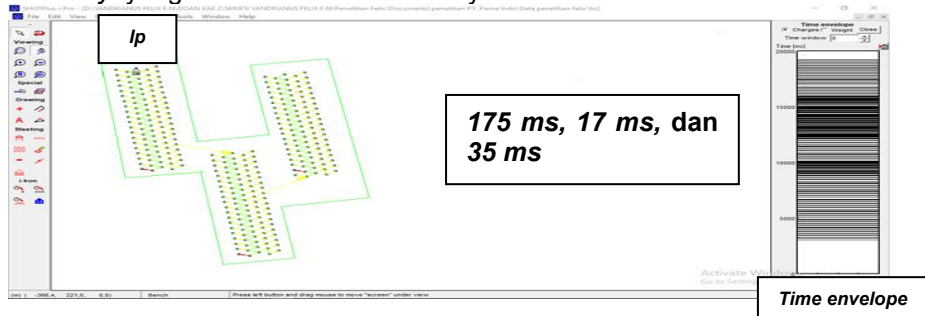
Gambar 11. Time envelope aktual

Tabel 3. Perbandingan Aktual dan Rekomendasi

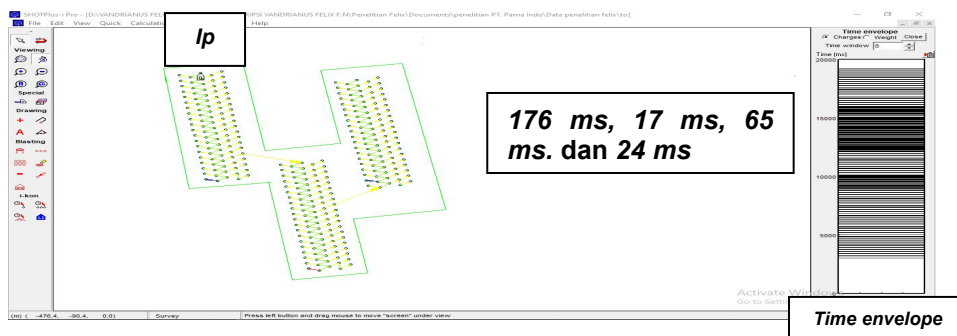
	Inhole delay Aktual (ms)	Surface delay (ms)
	500	17, 25, 42, 65, 100, & 175
Rekomendasi	Inhole Delay (ms)	Surface Delay (ms)
Desain 1	3000	175, 17, dan 25
Desain 2	3000	175, 17, 65, dan 25
Desain 3	3000	175, 42, 25, dan 100

Untuk aktual menggunakan inhole delay 500 ms dan surface delay yang bervariasi seperti (tabel 3) dan untuk rekomendasi menggunakan inhole delay 3000 ms dan terdapat 3 desain dengan surface delay yang bervariasi. simulasi

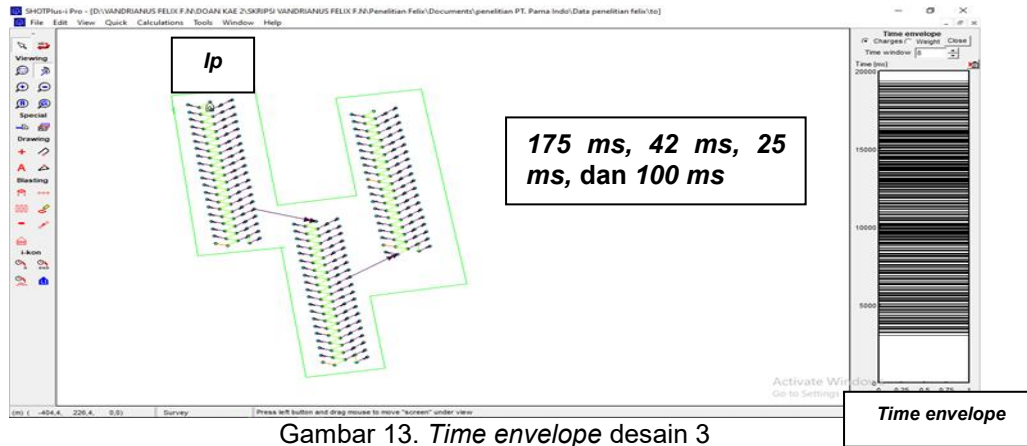
menggunakan rekomendasi 3 desain untuk hasil sangat efektif dapat meminimalisir dampak ground vibration akibat peledakan dan masalah yang ada dapat dilihat dari time envelope nya yaitu 1.



Gambar 12. Time envelope desain 1



Gambar 13. Time envelope desain 2



Gambar 13. Time envelope desain 3

Tabel 4. Data Analisis Ground Vibration

No	Tanggal/Bulan	Lokasi	Max Charge (Kg)	Distance (m)	Scaled Distance (SD)	Peak Particle Acceleration (mm/s ²)	Plan	Peak Vector Sum (mm/s)
1	01 Des 2022	Maintank	225,92	1.089	72,45	0,005	5,0	0,97
2	07 Des 2022	Maintank	158,76	795	63,10	0,007	5,0	1,04
3	08 Des 2022	Maintank	207,38	1.260	87,50	0,007	5,0	0,56
4	12 Des 2022	Maintank	210,32	785	54,13	0,008	5,0	1,57
5	14 Des 2022	Maintank	199,18	950	67,31	0,007	5,0	0,67
6	19 Des 2022	Maintank	211,46	995	68,42	0,007	5,0	0,68
7	20 Des 2022	Maintank	204,83	1.191	83,22	0,008	5,0	1,04
8	21 Des 2022	Maintank	157,85	982	78,16	0,013	5,0	2,46
9	27 Des 2022	Maintank	202,17	1.425	100,22	0,008	5,0	1,33
10	28 Des 2022	Maintank	158,59	1.023	81,23	0,012	5,0	240
11	31 Des 2022	Lab IMM	163,30	916	71,68	0,010	5,0	1,55
12	02 Jan 2023	Lab IMM	148,08	1.117	91,79	0,008	5,0	0,88
13	03 Jan 2023	Lab IMM	167,34	1.266	97,87	0,008	5,0	1,27
14	05 Jan 2023	Lab IMM	303,35	1.242	71,31	0,008	5,0	1,98
15	07 Jan 2023	Lab IMM	219,09	1.255	84,79	0,001	5,0	0,56
16	11 Jan 2023	Lab IMM	218,89	1.083	73,20	0,007	5,0	0,67
17	12 Jan 2023	Lab IMM	314,82	1.409	79,41	0,010	5,0	0,59
18	15 Jan 2023	Lab IMM	252,93	1.054	66,27	0,007	5,0	0,86
19	17 Jan 2023	Lab IMM	215,46	965	65,74	0,008	5,0	1,08
20	19 Jan 2023	Lab IMM	253,26	950	59,70	0,001	5,0	1,37
21	21 Jan 2023	Lab IMM	344,06	500	26,96	0,018	5,0	4,21
22	23 Jan 2023	Lab IMM	211,38	1.418	97,53	0,007	5,0	0,40
23	24 Jan 2023	Maintank	225,92	1.089	72,45	0,005	5,0	0,97

Keterangan: kg (kilogram); m (meter); mm/s (milimeter per second).

4. Kesimpulan Dan Saran

Dari hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa nilai *peak vector sum* (pvs) yang dihasilkan pada bulan Desember 2022 yaitu 1,57 mm/s dengan jarak terdekat yaitu 785 meter dan pada bulan Januari 2023 yaitu 4,21 mm/s

dengan jarak 500 meter. Nilai *peak vector sum* (pvs) ini masih aman, karena masih di bawah 5,0 mm/s, Kondisi bangunan yang ada pada area terlarang berupa tempat penampungan solar (fuel oil) dan lab PT. IMM aman, tidak terjadi kerusakan pada bangunan. Apabila nilai *peak*

vector sum (pvs) melebihi rencana (*plan*) yaitu diatas $5,0 \text{ mm/s}$ maka getaran yang dihasilkan besar dan penggunaan bahan peledak lebih banyak . Tetapi berat isian bahan peledak yang di gunakan pada lubang ledak bulan desember 2022 sebanyak 507 kg dan Januari 2023 sebesar 2.006 kg, jadi penggunaan bahan peledak maksimal pada lubang ledak secara keseluruhan yaitu sebesar 2.513 kg dan menghasilkan getaran yang di inginkan dan sesuai SNI 7571: 2010. Perlu dilakukan juga penelitian tingkat getaran pada jarak alat mekanis. Untuk objek penelitian selanjutnya kalau bisa jangan hanya pada bangunan atau infrastruktur saja, tetapi pada alat mekanis juga agar data yang didapat lebih bervariasi dan dapat dijadikan acuan perhitungan. Agar meminimalisir terjadinya getaran tanah yang dapat menimbulkan efek negatif sebaiknya memperhatikan faktor – faktor berupa jumlah isian bahan peledak, jarak peledakan, tapi perlu juga diperhitungkan *delay* yang akan digunakan agar dapat mengurangi jumlah lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

Ucapan Terimakasih

mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua, keluarga, dosen pembimbing dan penguji, sahabat, dan teman – teman sukses selalu untuk kalian semua, serta kepada PT. Pamapersada Nusantara Distrik Indo yang telah mengizinkan saya melakukan penelitian dan *Drill and Blast Dept.* yang telah banyak memberikan banyak ilmu baik secara teori maupun dilapangan.

Daftar Pustaka

Anonim, dkk (2019). “Baku Tingkat Getaran Peledakan”. BSN (Badan Standar Nasional Indonesia).

Budiman, Muhammad. (2017). Skripsi “ Geologi Dan Studi Kestabilan Lereng Daerah Dlingo Dan Sekitarnya Kecamatan Dlingo Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta ”. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”

Domili, Harris Mohammad. (2014). “Analisis Getaran Tanah Akibat Peledakan Untuk Mencapai Kondisi Aman Pada Kawasan Pemukiman Pada PT Cipta Kridatama Site MHU”. Tenggara. Universitas Kutai Kartanegara.

Koesnaryo, Dkk (2018). “bahan peledak dan metode peledakan”. Jurusan teknik pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta. Halaman 1-2.

Hikmah, Nur. (2015). “Analisis Ground Vibration Menggunakan Pendekatan Peak Particle Velocity Pada Kegiatan Peledakan Serta Dampak Terhadap Bangunan PT. Kideco Jaya Agung Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur”. Makasar. Universitas Veteran Republik Indonesia.

Elsam , S. (2013). Fungsi keberadaan dunia pertambangan bagi kehidupan. Jurnal ilmu pertambangan, halaman 2-3.

Ferry Fadhy. 2014, “Analisis Ground Vibration pada Kegiatan Peledakan dengan Metode Peak Particle Velocity Beserta Pengaruhnya Terhadap Bangunan di PT. Pamapersada Nusantara Distrik MTBU Jobsite Tanjung Enim”. Skripsi S1 Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Vikri Helmi. 2015. “Analisis Pengurangan Tingkat Ground Vibration pada Kegiatan Peledakan Overburen di PIT 14 Utara PT. Madhani Talatah Nusantara Jobsite Kayan Putra Utama Coal (KPUC) Desa Separi Kecamatan Tenggara Seberang, Provinsi Kalimantan Timur”. Skripsi S1 Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Sudarsono, Dkk (2015). “Tinjauan Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Lingkungan. Yogyakarta”. Universitas UPN Veteran.

Indra Hot Daniel Hutasoit, Irvani, Haslen Oktaviyany. Analisis Pengaruh Pola Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah dan Bangunan Disekitar Tambang Pada peledakan Di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Provinsi Sumatra Selatan . Mine Journal Mineral University Of Bangka Belitung. Mineral, April 2020, Vol. 5 (1), Halaman 23-30

Koesnaryo, S (2021). “Teori Peledakan” . Bandung : Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara <https://learning.upnyk.ac.id>. Diunduh pada tanggal 05 juni 2023.