

ANALISIS GETARAN TANAH (*GROUND VIBRATION*) TERHADAP AREA PEMUKIMAN PADA OPERASI PELEDAKAN TAMBANG BATUBARA PIT 2 BANKO BARAT

Deni Rolansyah^{*1}, Supandi², Erry Sumarjono³

^{1,2}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta.

Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITNY

e-mail: ¹rolansyah77@gmail.com, ²supandi.itny@gmail.com, ³erry.sumarjono@itny.ac.id

Abstrak

Salah satu kegiatan penambangan yang dilakukan di PT. Bukit Asam ialah pembongkaran overburden dengan operasi peledakan. Salah satu permasalahan yang sering terjadi pada kegiatan peledakan ialah ground vibration atau getaran tanah hasil kegiatan peledakan tanah yang dapat menimbulkan permasalahan pada wilayah sekitar site pertambangan. Analisis data yang dilakukan berupa teori persamaan regresi geometrik, hubungan antara scaled distance dan peak particle velocity untuk mengestimasi nilai tingkat getaran tanah yang akan dihasilkan. Pengukuran tingkat getaran tanah dilakukan pada tanggal 5 September 2020 – 25 November 2020 dan didapatkan 17 data tingkat getaran tanah. Pada umumnya getaran tanah yang dihasilkan masih relative aman untuk tingkat amannya berdasarkan SNI hanya terdapat satu data yang melebihi 1 mm/s yaitu pada tanggal 14 September Peak Particle Velocity yang dihasilkan 1,17 mm/s dengan jarak 1250 meter. Lokasi tersebut memasuki wilayah warga namun tidak menimbulkan kerusakan. Perlunya dilakukan estimasi tingkat getaran tanah untuk mendapatkan nilai Peak Particle Velocity <1 mm/s pada jarak 1100 – 1300 m seluruh kegiatan peledakan sebelumnya untuk mendapatkan jumlah isian yang optimal per lubangnya. Setelah dilakukan analisis persamaan regresi geometrik didapatkan bentuk persamaan $Y = 240997x^{-2,148}$ yang dapat diubah menjadi persamaan peak particle velocity yaitu dengan nilai $K = 240997$ dan nilai $M = 2,148$. Setelah dilakukan estimasi tingkat getaran tanah pada kegiatan peledakan sebelumnya, didapatkan bahwa untuk mendapatkan nilai Peak Particle Velocity <1 mm/s pada jarak 1100-1300 jumlah isian perlubangnya adalah 50-58 kg dengan powder factor 0,147-0,159 kg/BCM yang masih dapat memberai batuan dengan baik. Nilai PPV yang didapatkan dari rekomendasi isian sebesar 50-58 kg berada pada angka <1 mm/s dan dapat berubah tergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhi di lapangan.

Kata kunci: Peak Particle Velocity, Getaran tanah, Peledakan.

Abstract

One of the mining activities carried out at PT. Bukit Asam is the demolition of overburden by blasting operations. One of the problems that often occur in blasting activities is ground vibration or ground vibration resulting from soil blasting activities which can cause problems in the area around the mining site. Data analysis was carried out in the form of geometric regression equation theory, the relationship between scaled distance and peak particle velocity to estimate the value of the ground vibration level to be generated. Measurement of ground vibration level was carried out on September 5, 2020 – November 25, 2020 and obtained 17 ground vibration level data. In general, the ground vibration produced is still relatively safe for the level of safety based on SNI, there is only one data that exceeds 1 mm/s, namely on September 14, Peak Particle Velocity produced 1.17 mm/s with a distance of 1250 meters. The location entered the residents' area but did not cause any damage. It is necessary to estimate the ground vibration level to get the Peak Particle Velocity value <1 mm/s at

a distance of 1100 – 1300 m throughout the previous blasting activities to get the optimal number of fillings per hole. After analyzing the geometric regression equation, the form of the equation $Y = 240997x^{-2,148}$ which can be converted into an equation for peak particle velocity with a value of $K = 240997$ and a value of $M = 2.148$. Peak Particle Velocity <1 mm/s at a distance of 1100-1300 the number of holes filled is 50-58 kg with a powder factor of 0.147-0.159 kg/BCM which is still able to spread the rock well. The PPV value obtained from the recommended filling of 50-58 kg is <1 mm/s and can change depending on the influencing factors in the field.

Keywords: Peak Particle Velocity, Ground vibration, Blasting

1. PENDAHULUAN

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan. Getaran tanah (*ground vibration*) terjadi pada daerah elastis (*elastic zone*). Di daerah ini tegangan yang diterima material lebih kecil dari kekuatan material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali ke keadaan semula setelah tak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang getaran. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur disekitar lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan. Getaran tanah (*ground vibration*) merupakan salah satu dampak negatif peledakan bagi lingkungan sekitar dimana pada tingkat tertentu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur bangunan di sekitar lokasi peledakan, terutama perumahan warga pada dusun terdekat yang terletak dari lokasi peledakan dan juga dapat mengganggu kestabilan struktur lereng di sekitar lokasi peledakan (Dwihandoyo, 2013). Getaran tanah merupakan gelombang yang bergerak didalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi, sumber energi tersebut bisa berasal dari alam, dan bisa juga berasal dari kegiatan manusia seperti kegiatan peledakan. Faktor – faktor yang bisa dikendalikan dalam mempengaruhi nilai getaran tanah akibat kegiatan peledakan; 1. Jumlah muatan peledakan per waktu tunda. 2. Jarak dari lokasi peledakan. 3. Penggunaan waktu tunda (Joris, 2013). Standart Getaran adalah besar/kuat getaran yang di ijin kan akibat dari kegiatan peledakan dimana tidak melewati batas aman. Indonesia saat ini telah memiliki standart nasional untuk tingkat getaran tanah yang ditetapkan pada Tahun 2010 yang lalu tentang Standart Nasional Indonesia (SNI) 7571;2010 tentang getaran tanah (Oktaviani, 2006).

Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekelilingnya. Hal ini berarti bahwa pengaruh dari getaran peledakan yang berada di luar standar ukuran peledakan yang diizinkan akan menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan pemukiman penduduk, oleh karenanya pada saat melakukan kegiatan peledakan maka harus melakukan pengukuran tingkat getaran tanah di dekat wilayah pemukiman penduduk.

2. METODE PENELITIAN

Dalam hal ini, metode penelitiannya berupa metode *observative*, yaitu penelitian langsung ke lapangan. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk lebih memahami situasi dan kesesuaian dengan masalah yang ada di lapangan. Berbagai data yang di peroleh dari lapangan di gabungkan dengan teori yang *relevant*, sehingga dari dua bagian tersebut di peroleh suatu pola penyelesaian masalah. Adapun prosedur penelitiannya ialah:

1. Studi literatur

Penulis memakai buku literature yang menunjang data yang dibutuhkan guna menyusun tugas akhir serta untuk pendalaman terhadap rencana penelitian melalui kesesuaian dengan teori – teori dari berbagai sumber tulisan serta penelitian terdahulu.

2. Pengolahan Data

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

3. Observasi lapangan

Berupa orientasi lapangan dengan pegawai perusahaan sebagai permulaan penelitian, penetapan objek yang diteliti dan pengambilan data primer.

4. Pengumpulan data

Aktivitas ini dilaksanakan sebelum dan saat penelitian. Data yang dibutuhkan ialah data yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir Analisis Getaran Tanah (Ground Vibration) Terhadap Area Pemukiman Pada Operasi Peledakan Tambang Batubara Pit 2 Banko Barat Pt. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan, Yang mana data yang peneliti ambil ialah: a. Data Primer

Merupakan data yang penulis dapat langsung berdasar observasi dilapangan dengan bimbingan pembimbing lapangan beserta karyawan yang terkait. Data primer yang dikumpulkan seperti:

- 1) Geometri peledakan
- 2) Jumlah bahan peledak per lubang (*hole*)
- 3) Hasil pengukuran getaran (nilai PPV)
- 4) Jarak pengukuran (jarak antara titik pengukuran dengan lokasi peledakan)

b. Data sekunder

Yakni data penunjang guna melengkapi penyusunan laporan penelitian yang di dapatkan dari PT. Bungo Bara Utama (BBU) meliputi :

- 1) Peta lokasi perusahaan
Peta ini memuat lokasi perusahaan dalam lingkup peta situasi dan lokasi dari perusahaan.
- 2) Peta situasi tambang
Peta diperoleh dari pihak divisi *drilling and blasting* dimana memuat lokasi operasi penambangan, maupun peledakan.
- 3) Kondisi geologi setempat
Peta ini merupakan detail dari peta geologi lokal yang memuat aspek-aspek geologi, seperti litologi, sumber daya dan cadangan batubara.
- 4) Sistem penambangan yang digunakan
Penambangan yang digunakan di pit berdasarkan hasil dari perencanaan tambang ditinjau dari aspek teknik dan ekonominya.
- 5) Peralatan-peralatan yang digunakan
Peralatan penambangan yang digunakan baik alat *digging*, alat *hauling* dan alat pendukung lainnya.
- 6) Spesifikasi peralatan dan perlengkapan peledakan yang digunakan.
Spesifikasi peralatan peledakan berupa *drilling mechine*, *blasting mechine*, *leading wire*, *cremper* dan alat pendukung peledakan lainnya. Spesifikasi perlengkapan peledakan berupa jenis bahan peledakan, densitas bahan peledak, karakter bahan peledak dan *leg wire*.
- 7) *Blast report*.

Pembuatan *blast report* dalam bentuk tabel sebagai laporan telah dilaksanakannya peledakan, dimana memuat waktu dan tempat pelaksanaan peledakan, nama juru ledak,

jumlah lubang, jenis bahan peledak, detonator, *delay*, penyimpangan rencana. Tanda tangan petugas terkait.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Geometri Peledakan *overburden* Pit-2 Banko Barat

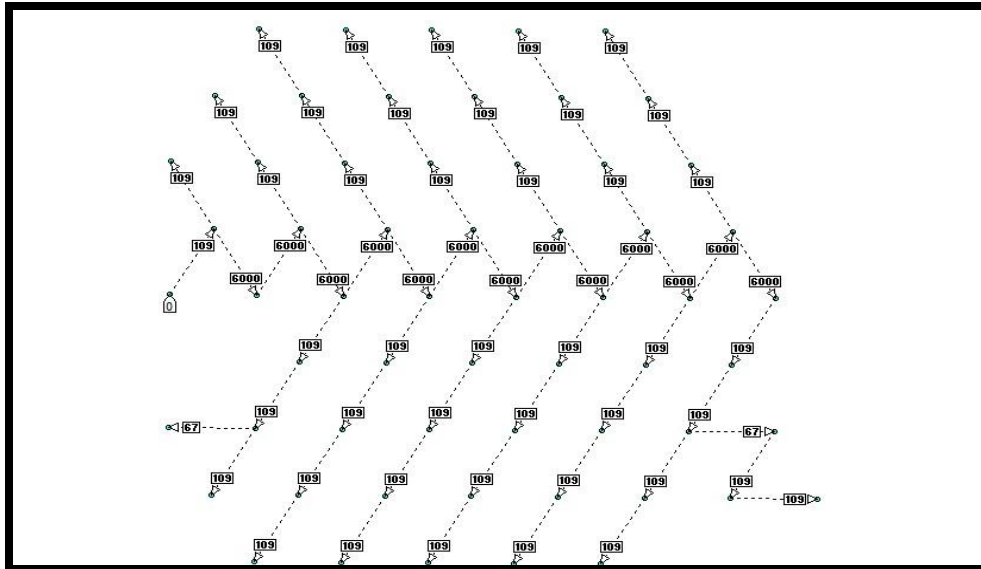
Geometri peledakan selama 17 kali peledakan di lokasi Pit-2 Banko Barat selama kegiatan peledakan tidak terdapat penggunaan *subdrilling*. Dalam satu lubang hanya terdiri dari panjang *stemming* dan panjang isian bahan peledak. *Burden* dan spasi setiap peledakan selalu sama yakni 6,5 meter dan 7,5 meter. Sedangkan tinggi *stemming* di setiap lubang ledak tergantung tinggi lubang ledak dengan lubang ledak 7 meter *stemming* rata-rata yang digunakan pada penelitian sebesar 3,8 meter. Dengan *stemming* yang diterapkan sudah cukup baik, karena *stemming* yang tidak seimbang dapat mengakibatkan getaran semakin besar.

3.1.1 Pola Pengeboran dan Pola Rangkaian

Pola pemboran yang diterapkan pada pit-2 Banko Barat adalah pola pemboran selangseling (*staggered patern*), sedangkan pola rangkaian peledakan yang di gunakan adalah *echelon cut* dan pola inisiasi *hole by hole*.

Perlengkapan rangkaian peledakan juga mempunyai peran dalam besarnya getaran tanah. Salah satunya adalah detonator dengan penggunaan waktu tunda, merupakan cara guna meminimalisir vibrasi yang dihasilkan detonator yang digunakan adalah non elektrik. untuk detonator *in hole delay* menggunakan *nonel* 500 ms, 3000 ms, 6000 ms dan untuk *surface delay* menggunakan 42 ms, 67 ms, 109 ms. Sedangkan untuk di *initiation point* menggunakan detonator listrik 0 ms. Detonator yang digunakan dikombinasikan guna untuk mendapat hasil peledakan yang baik berupa arah lemparan peledakan dan penentuan jumlah lubang yang meledak secara bersama dalam periode waktu 8 ms. Hal ini dilakukan agar vibrasi semakin kecil.

Lubang ledak yang meledak pada perbedaan waktu tunda kurang dari 8 ms akan dianggap meledak bersamaan karena waktu tunda surfaces delay memiliki deviasi pada waktu tunda yang dimilikinya. Lubang ledak yang meledak bersamaan akan menimbulkan energi yang besar dan menimbulkan getaran tanah hasil peledakan yang lebih besar.



Gambar 1. Rangkaian nonel pada bulan september 2020

3.2 Pembahasan

3.2.1 Hasil Pengukuran Getaran Tanah

Pengukuran di lapangan menggunakan alat ukur yaitu *Blastmate* untuk mengukur getaran dan suara akibat peledakan. Setiap peledakan di PT Bukit Asam selalu dilakukan pengukuran getaran guna untuk memastikan peledakan yang dilakukan selalu aman bagi warga sekitar. Lokasi pengukuran dilakukan di pemukiman terdekat dari Pit-2 Banko Barat, *Blastmate* di desain untuk dapat mengukur dan mencatat getaran tanah dan suara akibat peledakan dengan tepat.

3.2.2 Analisis Hubungan *Scaled Distance* dengan PPV Aktual

Pada rumus *Scale Distance*, faktor-faktor yang paling mempengaruhi nilai PPV adalah isian bahan peledak dan jarak pengukuran. Hubungan antara jarak dan getaran tanah (*peak particle velocity*) dapat di lihat bahwa semakin jauh jarak antara lokasi peledakan dan lokasi pengukuran, maka getaran tanah yang dihasilkan akan semakin kecil. Hubungan ini menguatkan teori tentang hubungan antar jarak serta jumlah bahan peledak dengan getaran tanah yang dihasilkan aktivitas peledakan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran getaran di Pit-2 Banko Barat

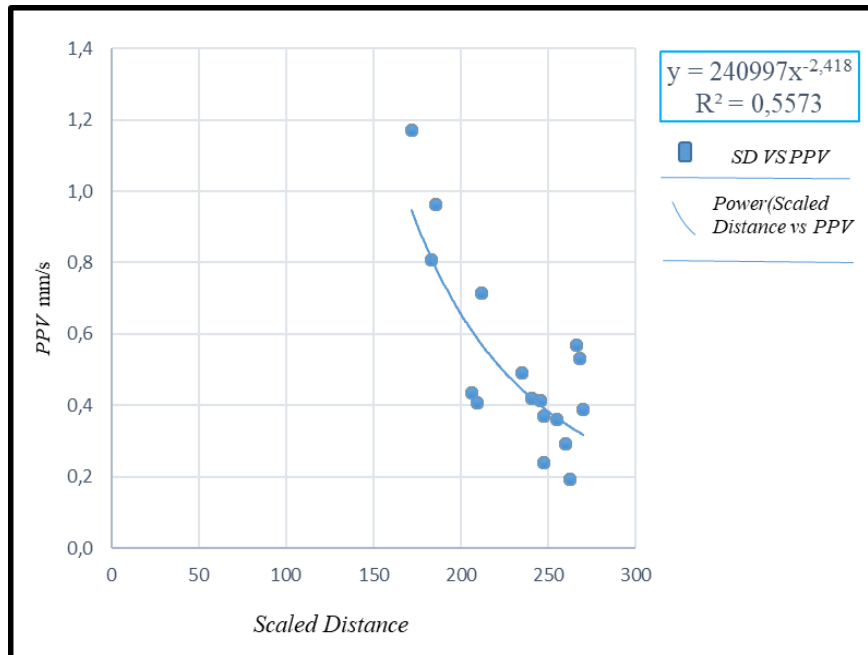
Tangga l	B (m)	S (m)	Lubang Ledak		Peak Particle Velocity (mm/s)			PVS (mm / s)	Jumlah Luban g	ANF O (kg)
			D (inch)	H (m)	Transversa l	Vertika l	Longitudina l			
05- Sep-20	6	7	7,87 5	7,0	0,46	0,66	0,51	0,71	50	42,33
08- Sep-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,39	0,28	0,35	0,44	60	52,91
10- Sep-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,26	0,33	0,24	0,37	50	52,91
14- Sep-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,92	0,47	1,03	1,17	90	52,91
19- Sep-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,31	0,59	0,50	0,81	55	58,20
24- Sep-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,32	0,23	0,35	0,41	50	58,20
26- Sep-20	6, 5	7, 5	7,87 5	6,0	0,24	0,14	0,22	0,24	40	52,91
07- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,31	0,23	0,26	0,39	50	52,91
13- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,36	0,28	0,55	0,57	70	52,91
14- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,33	0,24	0,32	0,41	85	58,20
15- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,32	0,21	0,27	0,36	100	58,20
16- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,25	0,34	0,33	0,42	102	52,91
17- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,89	0,51	0,86	0,96	85	52,91
18- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,33	0,39	0,32	0,49	60	52,91
21- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,13	0,11	0,19	0,19	50	52,91
24- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,51	0,19	0,49	0,53	50	47,62
25- Nov-20	6, 5	7, 5	7,87 5	7,0	0,24	0,19	0,22	0,29	40	52,91

Penggunaan penjumlahan bahan peledak dapat di optimalkan dengan melakukan penelitian tentang distribusi berat bahan peledak per waktu tunda dan hubungan jarak terhadap besaran getaran tanah yang dihasilkan suatu aktivitas peledakan atau yang disebut *scale distance*. Berikut perhitungan *scaled distance* selama penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. *Scaled distance* selama penelitian

Tanggal	Jarak	Isian/	nilai SD	PPV
	M	Lubang (kg)	(m/kg ^{1/2})	Aktual
05-Sep-20	1380	42,33	212,11	0,71
08-Sep-20	1500	52,91	206,22	0,44
10-Sep-20	1800	52,91	247,46	0,37
14-Sep-20	1250	52,91	171,85	1,17
19-Sep-20	1400	58,20	183,51	0,81
24-Sep-20	1600	58,20	209,73	0,41
26-Sep-20	1800	52,91	247,46	0,24
07-Nov-20	1965	52,91	270,14	0,39
13-Nov-20	1935	52,91	266,02	0,57
14-Nov-20	1876	58,20	245,91	0,41
15-Nov-20	1944	58,20	254,82	0,36
16-Nov-20	1750	52,91	240,59	0,42
17-Nov-20	1352	52,91	185,87	0,96
18-Nov-20	1710	52,91	235,09	0,49
21-Nov-20	1910	52,91	262,58	0,19
24-Nov-20	1850	47,62	268,09	0,53
25-Nov-20	1890	52,91	259,83	0,29

Salah satu 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 bulan September dan November dengan analisis *regresi power*

Data hasil pengukuran perlu disesuaikan dengan kurva yang akan dipakai karena penyesuaian tersebut memberikan gambaran secara matematis mengenai hubungan antara dua variabel yang digunakan, dari persamaan kurva yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi harga variabel terikat disuatu titik. Kurva yang cocok terhadap data hasil pengukuran PPV dan *scaled distance* adalah kurva berpangkat *power* karena bentuk awal persamaan PPV merupakan bentuk fungsi berpangkat ($y = ax^b$), selain itu perbandingan grafik dengan menggunakan kurva *linier* dan kurva berpangkat *power* dalam menentukan persamaan matematis untuk memprediksi nilai getaran tanah dengan metode analisis *regresi*.

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 maksimal sebesar 1,172 mm/s dimana hasil pengukuran tersebut masih berada pada ambang batas yang telah ditentukan perusahaan yaitu sebesar 3 mm/s atau mendekati SNI, pada gambar 5.1 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 analisis data tersebut menunjukkan nilai 0.5573, hal tersebut menunjukkan bahwa PPV aktual dipengaruhi oleh *scaled distance* sebesar 55,7 % 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 $K= 240997$ dan $M=-2,148$ dimana nilai konstanta tersebut dapat digunakan untuk menghitung prediksi getaran yang akan dihasilkan pada peledakan selanjutnya.

3.2.3 Analisis Prediksi Getaran Tanah

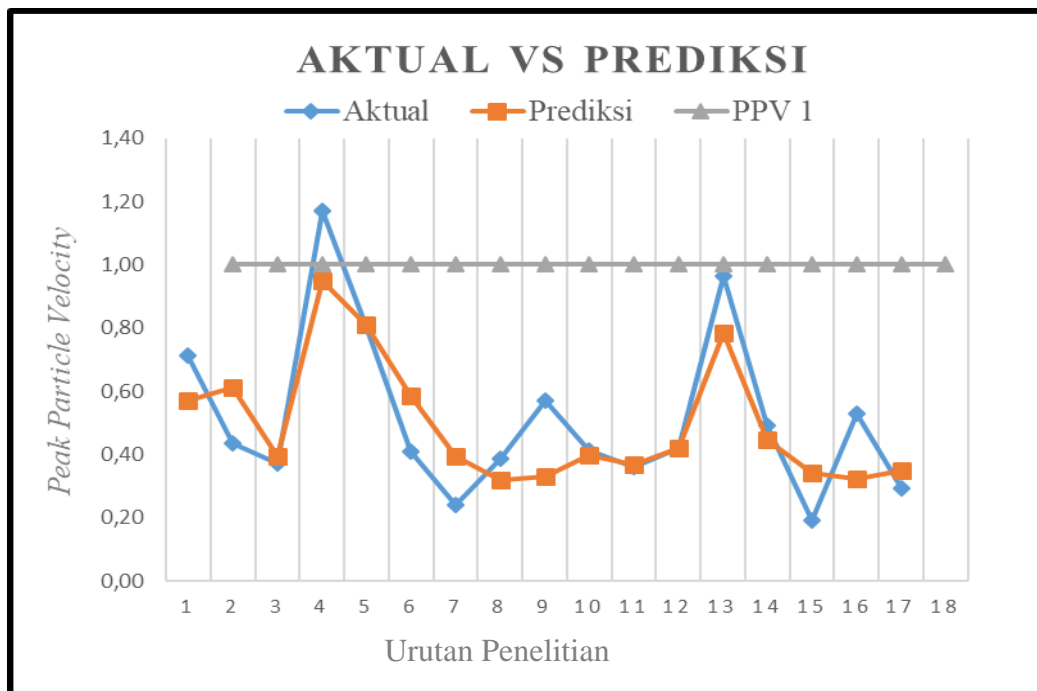
Prediksi getaran dibuat kurva hubungan antara tingkat getaran tanah dan *Scaled Distance* (SD), yang menggambarkan karakteristik peluruhan getaran di massa batuan ke arah pemukiman penduduk. Prediksi getaran tanah ini dapat digunakan untuk menentukan seberapa besar getaran yang dihasilkan pada saat peledakan agar getaran akibat peledakan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

Prediksi getaran diketahui dengan menggunakan PPV berdasarkan rumus dari Charles H. Dowding dengan mengetahui nilai konstanta, jarak pengukuran, berat isian per delay. Pada penelitian ini, nilai konstanta (K) yang penulis gunakan sesuai dengan perhitungan yang telah didapatkan pada analisis regresi power yang menggunakan *software Microsoft office excel* adalah 240.997 dengan nilai M -2,418.

Tabel 3. Getaran Aktual Vs Prediksi

Tanggal	Jarak	Isian/ Lubang (kg)	nilai SD (m/kg ^{1/2})	PPV		Selisih	ketepatan %	PPV 1
	M			Aktual	Prediksi			
05-Sep-20	1380	42,33	212,11	0,71	0,57	0,14	80,39	1,00
08-Sep-20	1500	52,91	206,22	0,44	0,61	0,18	58,62	1,00
10-Sep-20	1800	52,91	247,46	0,37	0,39	0,02	94,59	1,00
14-Sep-20	1250	52,91	171,85	1,17	0,95	0,22	81,23	1,00
19-Sep-20	1400	58,20	183,51	0,81	0,81	0,00	100,00	1,00
24-Sep-20	1600	58,20	209,73	0,41	0,59	0,18	55,77	1,00
26-Sep-20	1800	52,91	247,46	0,24	0,39	0,15	37,76	1,00
07-Nov-20	1965	52,91	270,14	0,39	0,32	0,07	81,91	1,00
13-Nov-20	1935	52,91	266,02	0,57	0,33	0,24	57,89	1,00
14-Nov-20	1876	58,20	245,91	0,41	0,40	0,01	97,58	1,00
15-Nov-20	1944	58,20	254,82	0,36	0,37	0,01	97,23	1,00
16-Nov-20	1750	52,91	240,59	0,42	0,42	0,00	100,00	1,00
17-Nov-20	1352	52,91	185,87	0,96	0,79	0,18	81,33	1,00
18-Nov-20	1710	52,91	235,09	0,49	0,45	0,05	89,82	1,00
21-Nov-20	1910	52,91	262,58	0,19	0,34	0,15	22,28	1,00

24-Nov-20	1850	47,62	268,09	0,53	0,32	0,21	60,38	1,00
25-Nov-20	1890	52,91	259,83	0,29	0,35	0,06	79,38	1,00
Rata-Rata						0,11	75,07	



Gambar 3. Grafik Aktual vs Prediksi

Perhitungan prediksi menggunakan rumus yang di kutip Charles H.Dowding dengan konstanta yang didapat dengan *regresi power* menggunakan *Microsoft office excel*, dimana nilai ketepatan perhitungan prediksi rata-rata sebesar 75,07% yang mana dapat digunakan sebagai acuan pada material clay di pit 2 Banko Barat.

3.2.4 Rancangan Jumlah Isian Yang Optimal Untuk Mendapatkan Nilai PPV <1 mm/s Dalam Jarak 1000-1300 m

Dengan menggunakan persamaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan prediksi nilai tingkat getaran tanah dengan mengatur nilai isian perdelay pada rumus prediksi nilai PPV sehingga didapatkan isian yang optimum dengan jarak yang telah ditentukan.

Berdasarkan rumus yang sama, dilakukan perhitungan nilai (K) pada data yang didapatkan selama bulan September dan November 2020. Di peroleh nilai (K) dengan regresi power pada *Microsoft Office Excel* yaitu adalah 240.997 dan nilai (m) -2,418. Dengan rumus sebagai berikut :

*Analisis Getaran Tanah (Ground Vibration) Terhadap Are Pemukiman Pada Operasi Peledakan Tambang Batubara Pit 2 Banko Barat Pt. Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan (Deni Rolansyah^{*1}, Supandi², Erry Sumarjo³*

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

$$PPV = 240.997 \left(\frac{D}{W^{0.5}} \right)^{-2.418}$$

Berdasarkan rumus dapat menentukan jumlah optimal bahan peledak per lubang dengan jarak pengukuran 1000-1300 m dimana jarak tersebut merupakan pemukiman warga yaitu BTN Rene dapat dilihat pada gambar 4.2. Untuk mendapatkan nilai ppv <1 mm/s dapat ditentukan seberapa banyak jumlah bahan peledak per lubang, batas aman PPV Menurut perusahaan adalah standar SNI yaitu 3 mm/s namun untuk lebih aman lagi penulis merancang PPV <1 mm/s. Rancangan tersebut hanya berlaku untuk material di Pit-2 Banko Barat karena konstanta yang didapat adalah dari hasil pengukuran getaran sebelumnya. Dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. Rancangan isian per lubang jarak 1100 meter

no	Jarak (m)	isian Lubang (kg)	konstanta	SD (m/kg ^{1/2})	PPV (mm/s)
1	1100	40	240997	173,93	0,92
2	1100	42	240997	169,73	0,98
3	1100	44	240997	165,83	1,03
4	1100	46	240997	162,19	1,09
5	1100	48	240997	158,77	1,15
6	1100	50	240997	155,56	1,21
7	1100	52	240997	152,54	1,27
8	1100	54	240997	149,69	1,33
9	1100	56	240997	146,99	1,39
10	1100	58	240997	144,44	1,45
11	1100	60	240997	142,01	1,51

Rancangan pada jarak 1100 meter mendapatkan berat isian yang optimal untuk PPV dibawah 1 mm/s adalah seberat 40 sampai 42 kg dengan PPV 0,92 dan 0,98 mm/s.

Tabel 5. Rancangan isian per lubang jarak 1200 meter

no	Jarak (m)	isian Lubang (kg)	konstanta	SD (m/kg ^{1/2})	PPV (mm/s)
1	1200	40	240997	189,74	0,75
2	1200	42	240997	185,16	0,79
3	1200	44	240997	180,91	0,84
4	1200	46	240997	176,93	0,88
5	1200	48	240997	173,21	0,93
6	1200	50	240997	169,71	0,98
7	1200	52	240997	166,41	1,03
8	1200	54	240997	163,30	1,07
9	1200	56	240997	160,36	1,12
10	1200	58	240997	157,57	1,17
11	1200	60	240997	154,92	1,22

Rancangan pada jarak 1200 meter mendapatkan berat isian yang optimal untuk PPV dibawah 1 mm/s adalah seberat 40 sampai 50 kg dengan PPV 0,75 dan 0,98 mm/s.

Tabel 6. Rancangan isian perlubang jarak 1250 meter

no	Jarak (m)	isian Lubang (kg)	konstanta	SD (m/kg ^{1/2})	PPV (mm/s)
1	1250	40	240997	197,64	0,68
2	1250	42	240997	192,88	0,72
3	1250	44	240997	188,44	0,76
4	1250	46	240997	184,30	0,80
5	1250	48	240997	180,42	0,84
6	1250	50	240997	176,78	0,89
7	1250	52	240997	173,34	0,93
8	1250	54	240997	170,10	0,97
9	1250	56	240997	167,04	1,02
10	1250	58	240997	164,13	1,06
11	1250	60	240997	161,37	1,11

Rancangan pada jarak 1250 meter mendapatkan berat isian yang optimal untuk PPV dibawah 1 mm/s adalah seberat 40 sampai 54 kg dengan PPV 0,68 dan 0,97 mm/s.

Tabel 7. Rancangan isian perlubang jarak 1300 meter

no	Jarak (m)	isian Lubang (kg)	konstanta	SD (m/kg ^{1/2})	PPV (mm/s)
1	1300	40	240997	205,55	0,62
2	1300	42	240997	200,59	0,65
3	1300	44	240997	195,98	0,69
4	1300	46	240997	191,67	0,73
5	1300	48	240997	187,64	0,77
6	1300	50	240997	183,85	0,81
7	1300	52	240997	180,28	0,85
8	1300	54	240997	176,91	0,89
9	1300	56	240997	173,72	0,92
10	1300	58	240997	170,70	0,96
11	1300	60	240997	167,83	1,01

Rancangan pada jarak 1250 meter mendapatkan berat isian yang optimal untuk PPV dibawah 1 mm/s adalah seberat 40 sampai 58 kg dengan PPV 0,62 dan 0,96 mm/s.

Range isian bahan peledak disesuaikan pada operasi peledakan pada bulan September dan November yaitu pada saat penelitian dengan *range* isian 40 sampai 60 kg perlubangnya. Lokasi warga yang terdekat yaitu BTN Rene dengan jarak 1100 sampai 1300 meter. Pada rancangan

untuk mencari isian bahan peledak optimal dengan PPV dibawah 1 mm/s dengan perhitungan prediksi dan konstanta yang sudah diperoleh dengan analisis *regresi power*.

Apabila dipersempit lagi untuk wilayah pengukurannya jarak pemukiman warga yaitu BTN Rene terdapat pada gambar 5. yaitu berjarak >1200 m maka dari tabel dapat ditarik kesimpulan :

1. Bahan isian peledak yang optimal untuk PPV dibawah 1 ms pada jarak 1200 meter adalah 40-50 kg
2. Bahan isian peledak yang optimal untuk PPV dibawah 1 ms pada jarak 1250 meter adalah 40-54 kg
3. Bahan isian peledak yang optimal untuk PPV dibawah 1 ms pada jarak 1300 meter adalah 40-58 kg namun sudah memasuki kawasan warga

Untuk mempermudah pengisian bahan peledak dengan jarak >1200 meter dibatasi dengan angka minimal 50 kg jadi :

1. Pengukuran pada jarak 1200 m optimal bahan peledaknya 50-50 kg
2. Pengukuran pada jarak 1250 m optimal bahan peledaknya 50-54 kg

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. Bukit Asam Pit-2 Banko barat masih tergolong aman bagi lingkungan, karena nilai *Peak Particle Velocity* rata rata selama penelitian masih dibawah SNI atau dibawah standar perusahaan yaitu 3 mm/s.
2. Hasil analisis hubungan antara SD dan PPV aktual yang didapat dari hasil pengukuran getaran dilapangan dan di olah menggunakan *regresi power* dengan bantuan *Microsoft office excel* yaitu, koefisien determinasi (R^2) dari analisis data tersebut menunjukan nilai 0.557, hal tersebut menunjukan bahwa PPV aktual dipengaruhi oleh *scaled distance* sebesar 55,7%.
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi *ground vibration* dilapangan antara lain
 - Jarak pengukuran getaran saat penelitian jarak terdekat dengan warga yaitu 1250 m menghasilkan PPV > 1 mm/s apabila pengukurannya semakin jauh maka PPV yang dihasilkan akan semakin kecil.
 - Jumlah isian muatan per lubang > 54 kg pada lokasi warga 1250 m akan menghasilkan PPV >1 mm/s semakin besar isian yang digunakan PPV yang dihasilkan semakin besar.
 - Kondisi geologi batuan *overburden* yang tidak memiliki kekar atau bidang rambatan sehingga energi ledakan tidak dibiaskan atau diteruskan dengan tidak adanya kehilangan energi mempengaruhi besarnya getaran yang dihasilkan Pit 2 Banko Barat. Material *overburden Sandstone* dengan kekuatan tekan 6,37 Mpa dengan klasifikasi batuan sangat lemah.
 - Besar kecilnya nilai *Powder Factor* berhubungan dengan jumlah bahan peledak dan volume yang mana pada saat penelitian dengan nilai *Powder Factor* 0,14-0,18 kg/BCM menghasilkan PPV yang berbeda.
4. Rekomendasi isian muatan perlubang untuk mengurangi nilai PPV agar dibawah 1 mm/s
 - jarak 1200 maksimal muatan 50 kg menghasilkan PPV 0,98 mm/s
 - jarak 1250 maksimal muatan 54 kg menghasilkan PPV 0,97 mm/s
 - jarak 1300 maksimal muatan 58 kg menghasilkan PPV 0,96 mm/s

5. Getaran terbesar pada saat penelitian terjadi pada bulan September tanggal 14 yaitu sebesar 1,172 mm/s. Masih tergolong aman untuk warga dan tidak menimbulkan kerusakan karena batas ambang kerusakan untuk bangunan kelas 1 nilai PPV nya 2 mm/s.
6. Rekomendasi nilai PPV <1 mm/s dengan muatan perlubang maksimal 54 kg mampu menghasilkan *powder factor* yang masih tergolong dapat memberai batuan dengan baik dan sesuai standar perusahaan yaitu 0,147-0,159 kg/BCM.

5. SARAN

Berdasarkan data yang didapat yaitu hubungan nilai *Scaled Distance* dan PPV aktual dilapangan dengan *regresi power* mendapat nilai $K=240997$ dan $m=-2,418$ maka untuk mendapatkan nilai PPV <1 mm/s dengan jarak pengukuran 1200-1300 meter yaitu lokasi warga, sehingga di butuhkan isian perlubang 50-58 kg dengan nilai *powder factor* 0,147-0,159 kg/BCM yang masih dapat memberai batuan dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih PT. Bukit Asam yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian, serta memberikan arahan dan bimbingan selama di perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dwihandoyo, Marmer. (2013). Dampak Peledakan. Diklat Pengelolaan Peledakan pada Penambangan Bahan Galian (Juru Ledak Kelas I). Bandung.
- Joris, (2013), Analisis Pola Rangkaian Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada PT.Cipta Kridatama Jobsite PT. Multi Harapan Utama, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Skripsi. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman : Samarinda..
- Oktaviani, (2006), Analisis Ground Vibration. Skripsi. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Yogyakarta.