KAJIAN AMBANG BATAS GETARAN PELEDAKAN DI AREAL DESA SEKITAR TAMBANG BATUBARA DENGAN METODE *SCALE DISTANCE ANALYSIS*

Eko Santoso*, Sari Melati, Muhammad Fiqri Ramadhan
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714
e-mail: *eko@ulm.ac.id

ABSTRAK

Getaran tanah merupakan bagian dari *output* operasi peledakan pada lingkungan. Ketika getaran tanah berada pada level yang tinggi, dapat menyebabkan gangguan pada manusia, ketidaknyamanan dan bahkan menyebabkan pada kerusakan struktur bangunan di sekitarnya, menimbang dekatnya jarak dari lokasi peledakan ke daerah pemukiman warga (zona crissis) yang berjarak sekitar ±1000 m. Berdasarkan kondisi lapangan yang terjadi pada bulan Agustus 2019 - Desember 2019, tercatat *ground vibration* terbesar 3,06 mm/s. Kepmen LH No. 49 Tahun 1996 dan SNI 7571:2010 tentang Baku Tingkat Getaran Kejut menyebutkan batasan kecepatan getaran terhadap lingkungan sekitar yang berpengaruh terhadap keutuhan bangunan. Rekomendasi tersebut sebagai acuan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi nilai getaran tanah akibat kegiatan peledakan tambang terbuka. Penulis melakukan evaluasi dari data hasil pengukuran ground vibration aktual berdasarkan pendekatan *Teori Peak particle velocity* yang dihubungkan dengan *regresi power* untuk memperoleh rumusan prediksi *ground vibration*, yang kedepannya bisa dijadikan acuan untuk menetukan jumlah isian bahan peledak agar *ground vibration* yang terjadi tidak melebihi batas aman. Hasil prediksi rumusan *ground vibration* pada jarak 900 m sampai 1500 m yang diperoleh nilai *Peak particle velocity* ≤ 1,5 mm/s menurut U.S Bureau Of Mines dengan isian bahan peledak maksimum 244,14 kg dimana nilai k = 698.54 dan β = -1.47, menurut Ambraseys-Hendorn dimana nilai k = 5787.19 dan β = -1.609 denagn isian bahan peledak maskimum 207,17 kg. Sedangkan menurut Langefors Kihlstrom didapat nilai k dan β 101.46 dan 1.75 dengan isian bahan peledak maksimum 221.28 kg. Rumusan prediksi ini cukup baik dan dapat digunakan sebagai acuan prediksi getaran tanah agar dampak dari kegiatan peledakan terhadap lingkungan sekitar aman.

Kata Kunci: Peledakan, Getaran Tanah, *Peak particle velocity*, Regresi Power

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara di Indonesia, khususnya yang dilakukan secara tambang terbuka, untuk membongkar batuan yang keras biasanya dilakukan dengan peledakan. Peledakan pada kegiatan penambangan, selain menimbulkan hancurnya batuan juga akan menimbulkan rambatan gelombang seismik yang menggambarkan perjalan energi melalui bumi dan mengakibtkan getaran pada massa batuan atau material disekitarnya. Tingkat getaran peledakan bervariasi tergantung pada rancangan peledakan dan keras biasanya dilakukan dengan peledakan [1].

Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekililingnya. Hal ini berarti bahwa getaran yang ditimbulkan akan mempengaruhi terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan perumahan sekitar. Untuk itu kita mengetahui seberapa besar dampak yang terjadi pada hasil getaran peledakan [2].

Kegiatan peledakan dilakukan oleh PT Borneo Alam Semesta memegang peranan penting dalam kemajuan tambang. Pada kegiatan penambangan harus dilakukan pengupasan overburden dengan metode peledakan untuk mendapatkan batubara [3], namun pit yang memiliki jarak yang dekat dengan kritis (pemukiman penduduk) harus melakukan kontrol terhadap rancangan peladakan agar ground vibration yang dihasilkan tidak terlalu besar.

Dalam mengetahui pengaruh jarak peledakan dan isian bahan peledak maksimum yang keduanya terdapat dalam *peak particle velocity*. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian guna meminimalisir getaran yang terjadi untuk tidak membahayakan manusia dan bangunan disekitar peledakan

Faktor-faktor mepengaruhi ground vibration yang dapat dikontrol yaitu [2]:

1. Isian bahan peledak per waktu tunda
2. Jarak lokasi peledakan ke lokasi pengukuran
3. Panjang Waktu Tunda

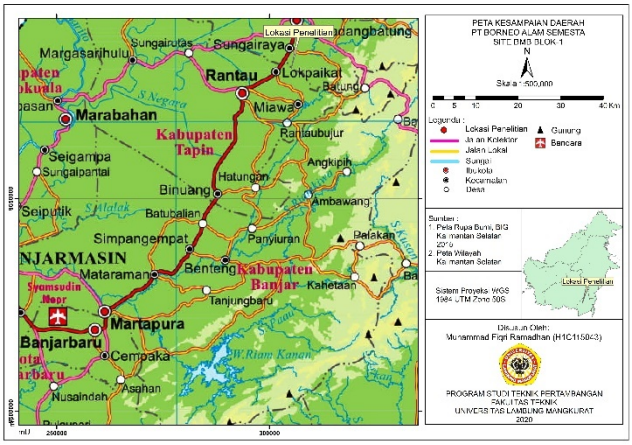
METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif. Pada penelitian ini menganalisis nilai *Peak particle velocity* sebagai nilai getaran tanah yang dikorelasikan dengan isian bahan peledak maksimum dan jarak peledakan.

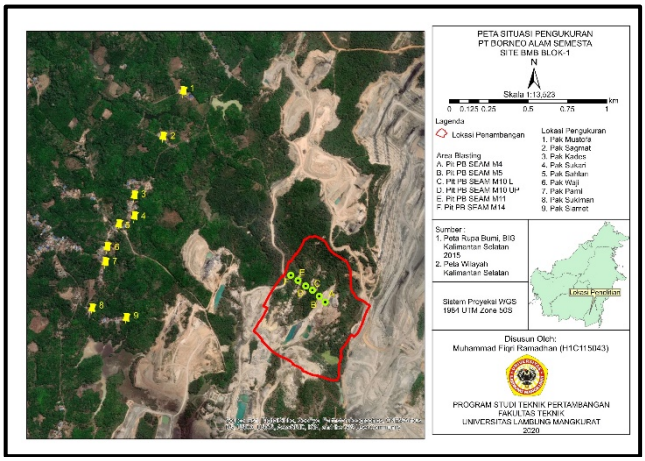
Pada penelitian ini didapatkan data primer melalui pengamatan secara langsung ke lapangan maupun data sekunder yang didapatkan dari perusahaan.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pit PB1 Blok-1 BMB yang dilakukan penambangan oleh PT Borneo Alam Semesta. Lokasi ini sangat dekat dengan pemukiman sehingga perlu diperhatikan terhadap efek peledakan khususnya ground vibration (getaran tanah). Ada dua pemukiman terdekat dengan lokasi penembangan ini yaitu Desa Puncak Harapan dan Desa Budi Mulya.



Gambar-1. Peta Kesampaian Daerah Penelitian



Gambar-2. Peta Situasi Pengukuran

Tabel-1. Persamaan PPV untuk Prediksi PPV

Nama	*Equation*	*Referensi*
USBM	$PPV=K\left[\frac{R}{Qmax^{1/2}}\right]^{-\beta}$ (1)	[4]
Ambersay Hendorn	$PPV=K\left[\frac{R}{Qmax^{1/3}}\right]^{-\beta}$ (2)	[5]
Langefors Kihlstrom	$PPV= K\left[\frac{Qmax^{1/2}}{R^{3/4}}\right]^{\beta}$ (3)	[6]

Tabel-2. Parameter Peledakan

Parameter	Unit	Min	Max	Mean
Burden	Meter	7	8	7,5
Spasi	Meter	9	9	9
Stemming	Meter	4	5	4,6
Kedalaman Lubang	Meter	4	8,6	7,5
Jumlah Lubang	-	15	83	38

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data lapangan, sehingga dilakukan pendekatan penyelesaian masalah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menentukan besarnya *peak particle velocity* yang dihasilkan dalam sebuah peledakan maka dapat ditentukan berdasarkan dengan persamaan-persamaan di Tabel-1.

Dimana PPV adalah *Peak particle velocity* dalam mm/s, K merupakan tetapan yang tergantung pada pada kualitas batuan, R adalah jarak muatan maksimum terhadap lokasi pengamatan, Qmax merupakan muatan bahan peledak maksimum per periode tunda, dan β tetapan yang tergantung pada keadaan geologi antara titik ledak dan pengamatan [7].

Pada penelitian ini akan menganilisis nilai *peak particle velocity* (PPV) sebagai getaran tanah yang dikorelasikan dengan jumlah bahan peledak dan jarak peledakan pada lokasi PT Borneo Alam Semesta site Blok-1 BMB. Analisis ini untuk mengetahui area hubungan antara variabel dependen apabila nilai variabel independent mengalami kenaikan atau penurunan. Rumus Regresi Power persamaan (4).

$$Y = aX^b \text{ atau } Log\ Y = Log\ a + b\ Log\ X \quad (4)$$

Dimana Y Variabel dependen, X Variabel independen, a Konstanta, dan b Koefisien regresi.

Alat pengukuran getaran tanah yang digunakan Blasmate^{III}, selain itu GPS juga digunakan sebagai menentukan jarak pengukuran antara lokasi peledakan dengan daerah terdampak[2].

Kegiatan peledakan yang dilaksanakan di Pit PB1 Blok-1 BMB dengan pola peledakan *hole by hole* menggunakan *surface delay detonator* 25 ms pada *control line* dan 67 ms pada *row line* dengan *inhole delay* 500 ms. Sistem rangkaian menggunakan *nonel* (non elektrik) dengan menggunakan rangkaian *Box Cut* dan *Echelon*.

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan penelitian yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur terkait metode-metode pada analisis ground vibration dan *peak particle velocity* serta mempelajari teori tersebut.
2. Pengumpulan data ground vibration, terdiri atas:
   a. Data hasil pengukuran getaran tanah (PPV aktual) dengan menggunakan Blasmate^{III}.
   b. Jarak peledakan dengan pengukuran PPV aktual
   c. Isian bahan peledak maksimum (Qmax) dengan waktu tunda dengan toleransi 17m/s. [11]
3. Proses analisis *ground vibration* menggunkan metode *peak particle velocity* dengan hubungan regresi power.
4. Melakukan prediksi *peak particle velocity* dengan nilai PPV 1,5 mm/s.
5. Merekomendasikan isian bahan peledak maksimum pada *critical zone*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Peledakan

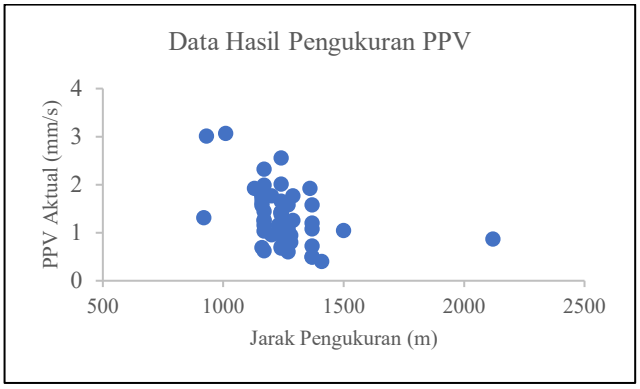
Kegiatan peledakan, menggunakan *drilling* Sandvik D245-S dengan diameter $7^7/_8$ inci dan metode pemboran selang-seling atau zigzag. [8] Parameter-Parameter peledakan yang digunakan tercantum pada Tabel-2.

Bahan Peledak

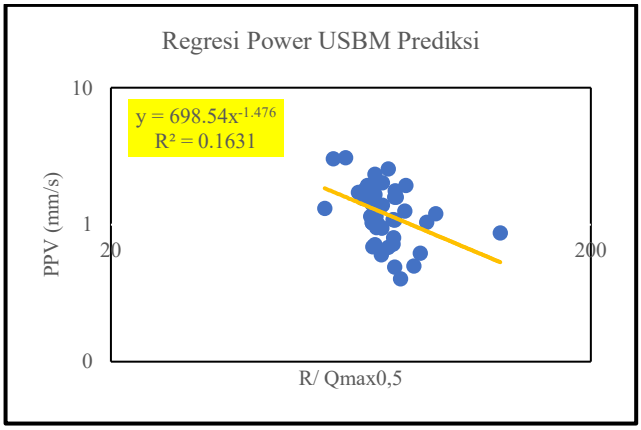
Bahan peledak yang digunakan ANFO, yaitu suatu campuran Ammonium Nitrat dan Fuel Oil dengan perbandingan AN 94% dan FO 6%, density dari ANFO tersebut 0.85 yang dilakukan pecampuran pada *Mobile Mixing Unit* [8].

Pengukuran Getaran Tanah

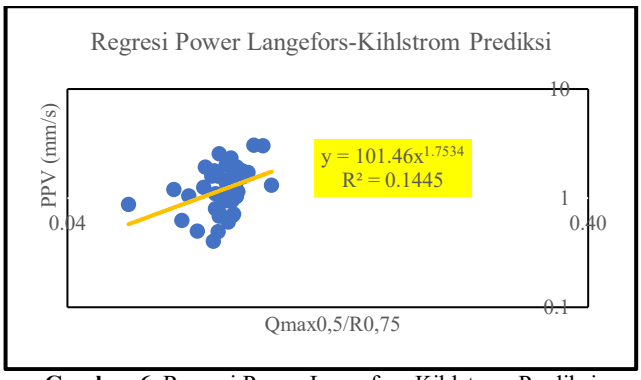
Pengukuran getaran tanah dari peledakan Pit PB1 Blok-1 BMB dilakukan sebanyak 52 kali peledakan dengan lokasi pengukuran di pemukiman warga. Hasil pengukuran tertinggi dengan PPV 3.06 mm/s.



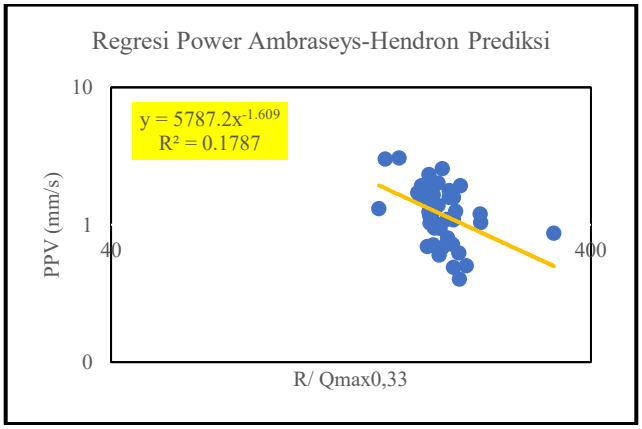
Gambar-3. Hasil Pengukuran Ground Vibration



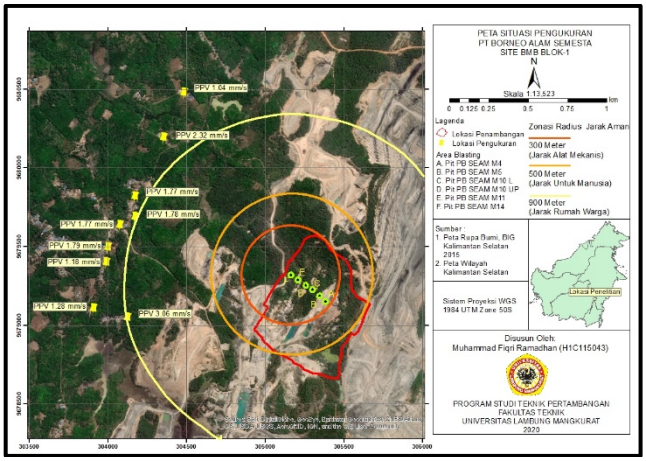
Gambar-4. Regresi Power USBM Prediksi



Gambar-6. Regresi Power Langefors-Kihlstrom Prediksi



Gambar-5. Regresi Power Ambraseys-Hendorn Prediksi



Gambar-7. Peta Situasi Hasil Pengukuran PPV Tertinggi

Gambar-3 ialah data hasil pengukurun getaran tanah hasil peledakan PT Borneo Alam Semesta dimana rata-rata PPV Aktual > 1.5 mm/s. Walaupun efek getaran yang terjadi cukup kecil namun dengan paparan setiap hari maka akan menyebabkan kerusakan sedikit demi sedikit. Hingga akhirnya tejadi retakan pada bangunan rumah warga, hal inilah yang membuat suatu perusahaan membatasi nilai ambang batas yang dihasilkan dengan nilai ≤1.5 mm/s.

Analisis Prediksi PPV

Dari Gambar-3 didapat rumusan untuk mencari *Peak particle velocity* (PPV) berdasakan persamaan USBM (Duvall and Foghelson). Dari hubungan tersebut dilakukan persamaan dengan Regresi Power yang mendapat dengan persamaan,yaitu PPV = 698.54 $(\frac{R}{\sqrt{Qmax}})^{-1,476}$ [4]. Maka akan diprediksikan besaran PPV (mm/s) yang akan ditimbulkan dari peledakan yang akan dilakukan.

Dari Gambar-5 didapat rumusan untuk mencari *Peak particle velocity* (PPV) berdasarkan Ambraseys-Hendorn (1968). Dari hubungan tersebut dilakukan persamaan dengan Regresi Linier yang mendapat dengan persamaan, yaitu PPV = 5787,19 $(\frac{R}{\sqrt[3]{Qmax}})^{-1,609}$[5].

Dari Gambar-6 di atas didapat rumusan untuk mencari *Peak particle velocity* (PPV) berdasarkan *Langefors-Kihlstrom* (1978). Dari hubungan tersebut dilakukan persamaan dengan Regresi Linier yang mendapat dengan persamaan, yaitu PPV = 101,46 $(\frac{Qmax^{1/2}}{R^{3/4}})^{1,75}$ [6].

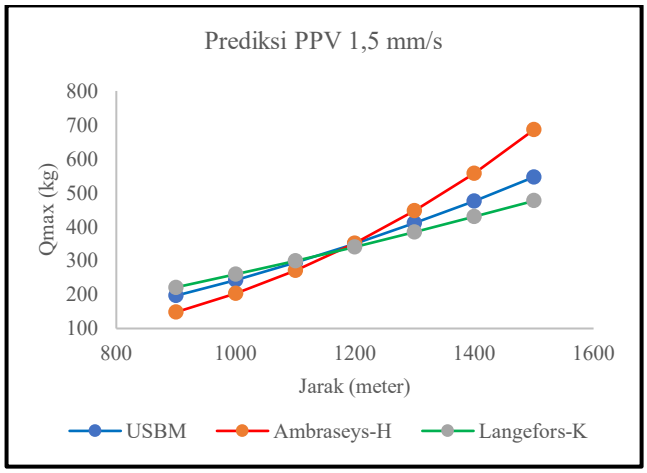
Analisis Ground Vibration Terhadap Lingkungan

Pengukuran ground vibration yang bertempat di Puncak Harapan dan Desa Budi Mulya, dimana ada 2 rumah yang dekat dengan kegiatan peledakan yang berjarak sekitar ± 900 meter. Akan tetapi pada pengukuran ground vibration sangat mempengaruhi pada arah ledak tersebut, apabila searah strike maka getaran yang dihasilkan besar kerana tidak ada hambatan lapisan ketika getaran mengarah ke perdesaan tersebut. Seperti data hasil rekaman peta diatas, ketika mengukur searah strike menghasilkan getaran tanah yang besar yaitu 3,06 mm/s, sedangkan ketika mengukur tegak luruh searah strike (tidak searah inisiai peledakan) menghasilkan getaran lebih rendah yaitu 1,78 mm/s karena ada hambatan beberapa lapisan yang dilalui. Jadi arah peledakan sangat memepengaruhi ground vibration yang dihasilkan.

Rekomendasi Isian Bahan Peledak Maksimum per *Delay*

Rekomendasi isian bahan peledak maksimum per delay dilakukan karena sangat dekat dengan pemukiman, agar efek getaran tanah yan dihasilkan dari kegiatan peledakan tidak mencapai ambang batas yang dapat merusak bangunan milik warga pemukiman. Menurut SNI 7571:2010 [9] dan Kepmen LH No. 49 Tahun 1996 [10] menyatakan dengan nilai *peak particle velocity* sebesar 3 mm/s dan 5 mm/s. Hasil kegiatan peledakan aktual rata-rata dibawah nilai ambang batas, akan tetapi tanggapan warga sekitar masih mengatakan bahwa getaran tersebut sangat berdampak terhadap bangunannya sehingga pihak perusahaan menetepkan standar *peak particle velocity* sebesar $\leq$ 1,5 mm/s. Untuk itu dibuat rekomendasi berdasarkan analisis prediksi *peak particle velocity* agar hasil sesuai dengan standar perusahaan. Hasil prediksi ini bisa dilihat pada Gambar-8.

Hasil grafik pada Gambar-8 bisa menjelaskan pada jarak 900 meter – 1100 bahwa Qmax terdapat pada Prediksi PPV menurut USBM. Sedangkan pada jarak 1200 meter – 1500 meter Prediksi PPV menurut Langefors-Kihlstrom yang nilai Qmax kecil. Menurut xx bahwa apabila nilai Qmax rendah maka terjadi getaran tanah yang dihasilkan lebih rendah. Jadi grafik ini bisa menjelaskan Prediksi PPV ini berdasarakan rekomendasi isian bahan peledak maksimum (Qmax).



Gambar-8. Prediksi PPV 1,5 mm/s

Tabel-3. Deviasi Nilai PPV

PPV Aktual	USBM	Selisih	AH	Selisih	LK	Selisih
1.78	1.39	0.39	1.39	0.39	1.39	0.39
1.31	1.84	0.53	1.93	0.62	1.75	0.44
1.77	1.12	0.65	1.12	0.65	1.12	0.65
1.62	1.31	0.31	1.33	0.29	1.29	0.33
1.79	1.32	0.47	1.34	0.45	1.31	0.48
3.06	1.59	1.47	1.65	1.41	1.53	1.53
1.99	1.28	0.71	1.30	0.69	1.26	0.73
1.24	1.29	0.05	1.31	0.07	1.28	0.04
1.15	1.28	0.13	1.30	0.15	1.26	0.11
0.80	1.13	0.33	1.14	0.34	1.13	0.33
3.01	1.74	1.27	1.84	1.17	1.64	1.37
1.92	1.36	0.56	1.39	0.53	1.34	0.58
0.62	0.94	0.32	1.04	0.42	0.87	0.25
0.95	1.23	0.28	1.25	0.30	1.22	0.27
0.87	0.53	0.34	0.50	0.37	0.58	0.29
0.68	1.17	0.49	1.19	0.51	1.17	0.49
1.58	1.11	0.47	1.12	0.46	1.10	0.48
1.44	1.28	0.16	1.30	0.14	1.26	0.18
1.03	1.28	0.25	1.30	0.27	1.26	0.23
1.04	0.90	0.14	0.88	0.16	0.92	0.12
0.50	0.98	0.48	0.99	0.49	0.98	0.48
1.09	1.13	0.04	1.14	0.05	1.13	0.04
1.26	1.28	0.02	1.30	0.04	1.26	0.00
1.92	1.04	0.88	1.03	0.89	1.05	0.87
0.69	1.31	0.62	1.33	0.64	1.29	0.60
2.55	1.17	1.38	1.19	1.36	1.17	1.38
2.32	1.29	1.03	1.31	1.01	1.28	1.04
1.25	1.05	0.20	1.07	0.18	1.03	0.22
0.95	1.28	0.33	1.26	0.31	1.29	0.34
0.71	1.29	0.58	1.27	0.56	1.30	0.59
1.71	1.45	0.26	1.43	0.28	1.46	0.25
0.94	1.23	0.29	1.21	0.27	1.25	0.31
0.40	1.08	0.68	1.04	0.64	1.11	0.71
0.72	1.13	0.41	1.10	0.38	1.17	0.45
1.65	1.29	0.36	1.27	0.38	1.30	0.35
1.56	1.41	0.15	1.40	0.16	1.41	0.15
1.77	1.34	0.43	1.33	0.44	1.34	0.43
1.58	1.12	0.46	1.09	0.49	1.16	0.42
1.15	1.33	0.18	1.30	0.15	1.35	0.20
1.16	1.31	0.15	1.29	0.13	1.33	0.17
1.42	1.31	0.11	1.29	0.13	1.33	0.09
1.20	0.84	0.36	0.88	0.32	0.82	0.38
1.38	1.23	0.15	1.22	0.16	1.23	0.15
2.01	1.23	0.78	1.22	0.79	1.23	0.78
0.49	1.12	0.63	1.09	0.60	1.16	0.67
1.01	1.27	0.26	1.24	0.23	1.29	0.28
1.41	1.31	0.10	1.29	0.12	1.33	0.08
1.08	1.12	0.04	1.09	0.01	1.16	0.08
1.43	1.30	0.13	1.28	0.15	1.32	0.11
1.03	1.31	0.28	1.29	0.26	1.33	0.30
1.03	1.31	0.28	1.29	0.26	1.33	0.30
0.60	1.23	0.63	1.21	0.61	1.25	0.65
Jumlah		22.03	-	21.85	-	22.19
Rata-Rata						
1.34	1.23	-	1.24	-	1.23	-
Deviasi	0.11	-	0.10	-	0.11	-

Tabel-4. Rekomendasi Surface Delay Box Cut

Control Line	Row Line	Jumlah Lubang Ledak Bersamaan	Isian Handak Maksimum (Kg)	PPV Prediksi (mm/s)
25 ms	67 ms	4	268	1.9
25 ms	109 ms	5	335	2.3
67 ms	25 ms	2	134	1.37
67 ms	109 ms	2	134	1.37
109 ms	25 ms	2	134	1.37
109 ms	67 ms	1	67	0.95

Dari perhitungan nilai *peak particle velocity* teori (USBM, Ambersays-H, dan Langefors-K), maka didapatkan nilai deviasi rata-rata *peak particle velocity* terhadap actual seperti terlihat pada Tabel-3. Dari ketiga teori diatas, didapatkan nilai penyimpangan *peak particle velocity* dari PPV Aktual yaitu dengan menggunakan teori Ambrayseys-Hendorn dengan nilai deviasi 21.85 dari aktual yang memberikan simpangan terkecil, maka teori Ambersays Hendorn lebih tepat untuk penetuan Prediksi PPV berdasarkan penyimpangan terhadap PPV Aktual.

Rekomendasi Rancangan Sistem Panjang Waktu Tunda (Length Of Delay)

Pada penelitian ini dimana menggunakan rancangan delay time 25 ms pada control line dan 67 ms pada row line. Surface delay ini sangat mempengaruhi pada isian bahan peledak maksimum (Qmax), dimana diantara lubang ledak yang selisih delaynya ≤ 17 ms dianggap meledak bersamaan sehingga membuat 3 – 4 lubang. Hasil ini bisa memberi rekomendasi terhadap surface delay untuk mengurangi getaran tanah yang dihasilkan, rekomendasi bisa dilihat pada Tabel-5.

Tabel-5. Rekomendasi Surface Delay Echelon

Control Line	Row Line	Jumlah Lubang Ledak Bersamaan	Isian Handak Maksimum (kg)	PPV Prediksi
25 ms	67 ms	20	1340	4.6
25 ms	109 ms	35	2345	6.2
67 ms	25 ms	3	201	1.7
67 ms	109 ms	2	134	1.37
109 ms	25 ms	1	67	0.95
109 ms	67 ms	1	67	0.95

Hasil rekomendasi menenjelaskan semakin besar surface delay yang maka semakin kecil hasil PPV yang dihasilkan karena tidak ada meledaknya lubang ledak bersamaan karena selisih antar lubang surface delaynya > 17 ms.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah analisis ground vibration dengan teori *peak particle velocity* dengan prediksi untuk mendaptkan nilai PPV=≤1.5 mm/s. Prediksi PPV teori masing dilakukan dengan analisis regresi power. Prediksi PPV menurut USBM PPV= 698.54 $(\frac{R}{\sqrt{Qmax}})^{-1,476}$, Prediksi PPV menurut Ambersay-Hendorn nilai PPV= 5787,19 $(\frac{R}{\sqrt[3]{Qmax}})^{-1,609}$, dan Prediski PPV pada Langefros-Kihlstrom PPV=101,46 $(\frac{Qmax^{1/2}}{R^{3/4}})^{1,75}$.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Wylie, D. C. and Mah C. W. (2004). *Rock Slope Engineering Civil and Mining* (*4th Edition*). Page 246-247. New York: Sporn Press Taylor & Francis Group.

[2] Jimeno Carloz Lopez (1995). Drilling and Blasting Of Rocks. Page 334-338. A. A. Belkama Publishers, Old Post Road, Brookfield, United States Of America.

[3] Koesnaryo, S (2011). *Rancangan Peledakan Batuan*. Page 24 dan 25. Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta.

[4] Duval WI, Petkof BB (1959). *Spherical propagagation of explosion generated strain pulses in rock*. Page 5483. US Bureau Mines.

[5] Davies B, Farmer IW, Attwell PB (1964). *Ground Vibration from Shallow sub-surfaces Blasts*. Page 553. Engineering 217.

[6] Langefors U, Kihlstrom (1963). The Modern Technique of Rock Blasting. Wiley. New York.

[7] Gokhale, Bhalchandra V (2011). *Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines*. Page 540-542 and 544-545.CRC Press. Netherland.

[8] Konya, J. C. and Edward J. Walter (1990). *Surface Blast Design*. Page 114-144. Prentice Hall, Engle Wood Cliffs, New Jersey, United States of America.

[9] SNI 7571:2010 (2010). Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Peledakan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan. Page 3. Badan Standar Nasional Indonesia. Bandung.

[10] Kusumaatmadja, Sarwono (1996). *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.49 TAHUN 1996 Tentang: Baku Tingkat Getaran*. Page 8 Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.

[11] Dwihandayono, Marmer. (2013).*"Dampak Peledakan"*. Pengelolaan Peledakan pada Penambangan Bahan Galian (Juru Ledak Kelas 1). Bandung.

[12] Yuliadi (2011). Kajian Prediksi *Peak particle velocity* Akibat Peledakan Di Kuari D Tambang Batugamping PT Indocement Tunggal Prakarsa Cibinong Bogor. Bandung.

[12] Royen Situmorang, Can (2015) Analisis Getaran Tanah (Ground Vibration) Hasil Peledakan Overburden di Site Tambang Air Laya Selatan PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, Tanjung Enim Sumatra Selatan. Padang.