Evaluasi Dampak Getaran Tanah Terhadap Bangunan Pada Aktivitas Peledakan di Pit TSBC PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan

Imelda Yuni Pratiwi[1], Yudho Dwi Galih Cahyono[2], dan Fairus Atika Redanto Putri[3]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]
e-mail: imeldayunip@gmail.com

ABSTRACT

PT Bukit Asam Tbk is a state-owned company engaged in the mining business, located in Muara Enim Regency, South Sumatra Province. Producing coal to meet the needs of domestic industry as well as overseas shipments. The purpose of the study was to evaluate the impact of ground vibration on blasting activity in the TSBC Pit and the methods applied to reduce ground vibration. This research methodology is qualitative and quantitative, which from the results of observations and interviews can analyze the results of the research which are then presented in tabular form, developed with a formula that matches the results of the analysis. One of the impacts on blasting activities is ground vibration. Researchers are guided by SNI 7571 2010 for the threshold value of vibration on buildings with the reason of minimizing the impact caused, the influencing factors are geological structure, water/nature influences, explosive charge, explosive type, blasting geometry, as well as blast hole pattern and initiation. There are two methods currently applied, de-lay blast and decking. With the proper installation of the Nonel delay blast, it can reduce ground vibrations in blasting activities. Nonel's blast delay prediction can be designed using the SHOTPlus-i Pro application. The decking method only applies to blast holes with a depth of >5 meters, so it can reduce the explosive charge and minimize ground vibrations if the amount of explosives is compact in each blast hole.

Key word: *Amount of explosives, blasting, blasting delay time, round vibration.*

ABSTRAK

PT Bukit Asam Tbk merupakan perusahaan BUMN yang bergerak di bidang usaha pertambangan, berlokasi di Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. Memproduksi batubara untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri serta pengiriman luar negeri. Tujuan dari penelitian yaitu mengevaluasi dampak getaran tanah terhadap aktivitas peledakan di Pit TSBC serta metode yang diterapkan untuk mengurangi getaran tanah. Metodologi penelitian ini kualitatif dan kuantitatif, yangmana dari hasil observasi dan wawancara dapat menganalisis hasil penelitian yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel, dikembangkan dengan rumus yang sesuai hasil analisis. Salah satu dampak yang ditimbulkan pada aktivi-tas peledakan adalah getaran tanah. Peneliti berpedoman pada SNI 7571 2010 untuk nilai ambang batas dari getaran terhadap bangunan dengan alasan memperkecil dampak yang ditimbulkan, faktor yang mempengaruhi yaitu struktur geologi, pengaruh air/alam, muatan handak, jenis handak, geometri peledakan, serta pola dan inisiasi lubang ledak. Ada dua metode yang saat ini diterapkan, de-lay blast dan decking. Dengan pemasangan delay blast Nonel yang tepat dapat mengurangi getaran tanah pada aktivitas peledakan. Prediksi delay blast Nonel dapat di desain menggunakan aplikasi SHOTPlus-i Pro. Metode decking hanya berlaku di lubang ledak kedalaman >5 meter, sehingga dapat mengurangi muatan bahan peledak dan memperkecil getaran tanah jika jumlah bahan peledak kompak di setiap lubang ledak.

Kata kunci: Getaran tanah, jumlah bahan peledak, peledakan, waktu tunda peledakan.

PENDAHULUAN

PT Bukit Asam Tbk adalah salah satu perusahaan BUMN yang bergerak di bidang usaha pertambangan, berlokasi di Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan yang memproduksi keperluan akan batubara, di dalam usaha untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri maupun untuk eksport kebutuhan konsumen luar negeri, batubara yang diproduksi harus sesuai dengan permintaan maupun prasyarat yang diinginkan konsumen.

Dalam kegiatan penambangan, salah satu aktivitas pembongkaran adalah menggunakan peledakan yang bertujuan untuk memecah atau membongkar batuan padat atau material berharga menjadi material yang cocok untuk dikerjakan dalam proses produksi berikutnya. Dengan adanyan aktifitas peledakan (*blasting*) memberikan dampak positif yaitu mempermudah alat-alat mekanis dalam melakukan pekerjaan. Namun, disamping itu juga menghasilkan dampak negatif, seperti getaran peledakan (*ground vibration*) yang dapat menyebabkan kerusakan struktur di lokasi sekitar, airblast, batu terbang (*flyrock*), gas beracun dan debu yang dapat mengganggu kesehatan pernafasan, serta kebisingan yang dapat menyebabkan gangguan pendengaran hingga menyebabkan tuli pada masusia.

Pada aktivitas peledakan di PT Bukit Asam dilaksanakan di dua blok, yaitu blok timur yang terdiri dari Pit 1, Pit 2, dan Pit 3, serta blok barat yang terdiri dari TAL, TSBC, MTBU dan Quarry. Dari kedua blok tersebut, dampak dari kegiatan peledakan (getaran tanah) sering terjadi pada area blok barat dan lebih tepatnya mengacu ke area Pit TSBC. Dikarenakan area TSBC dengan area permukiman warga berjarak ± 700 m. Getaran tanah pada aktivitas peledekan apabila tidak dikontrol akan mengakibatkan dampak negatif terhadap bangunan pemukiman di sekitar area tambang.

Besarnya nilai getaran sering dinyatakan dalam *Peak Particle Velocity* (mm/s), untuk mendapatkan nilai tersebut dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat *Instatel Micromate*. Data-data hasil pengukuran akan digunakan untuk mendapatkan nilai PPV prediksi dan *scale distance* yang akan digunakan dalam standarisasi jumlah bahan peledak/*delay* dengan jarak tertentu agar mendapatkan nilai getaran dibawah batas standar yang berlaku.

Pada penelitian sebelumnya, metode yang digunakan hanya mengurangi isian bahan peledak, tetapi hasilnya kurang optimal (tidak memenuhi standar perusahaan). Jadi peneliti menambahkan dua metode yaitu metode waktu tunda peledakan dan *decking* agar hasil getaran yang didapat menjadi lebih optimal (sesuai dengan standar perusahaan).

TINJAUAN PUSTAKA

Lokasi Penelitian

Wilayah Izin Usaha Penambangan (WIUP) PT Bukit Asam Tbk di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan jarak ± 186 km Barat Daya dari pusat Kota Palembang. Untuk bisa sampai ke lokasi penelitian, dari Kota Surabaya peneliti menempuh jarak kurang lebih 4 jam menggunakan trasnportasi udara ke Kota Palembang. Setelah tiba di Kota Palembang, melanjutkan perjalanan dengan transportasi darat menuju ke Kota Tanjung Enim dengan waktu tempuh selama 4 -5 jam.

Pemboran (*Drilling*)

Pemboran adalah kegiatan awal yang dilakukan sebelum terlaksananya aktivitas peledakan . tujuan dari pemboran ialah untuk membuat lubang bor yang nantinya akan diisi dengan bahan peledak. Kegiatan ini dilakukan untuk memungkinkan terjadinya peledakan agar memberai material yang keras. Pemboran sangat berkaitan dengan peledakan, sehingga dalam kegiatan pemboran yang harus diperhitungkan yaitu pola peledakan yang akan digunakan. (Saragih, 2013)

Terdapat tiga pola pemboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu :

1. Pola bujur sangkar (*square pattern*), jarak antara *burden* dan spasi harus sama.
2. Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), jarak antar spasi dalam satu baris lebih besar dibanding *burden*.
3. Pola zigzag (*staggered pattern*), antar lubang bor dibuat selang-seling atau zigzag yang berasal dari pola bujur sangkar maupun persegi panjang.

Peledakan (*Blasting*)

Peledakan artinya kegiatan memecah dan atau membongkar batuan padat (material berharga) yang bersifat kompak dari batuan induknya menjadi material yang sesuai untuk proses produksi. Tujuan akivitas peledakan pada batuan yaitu untuk menghasilkan batuan lepas, yang dinyatakan dalam derajat fragmentasi sesuai dengan tujuan yang akan capai. Hasil peledakan ini sangat mempengaruhi produktivitas dan biaya operasi berikutnya. Dalam suatu operasi peledakan pada pertambangan dilakukan pemboran terlebih dahulu untuk membuat lubang ledak. Lubang ledak sendiri akan diisi oleh bahan peledak. (Amatilah, 2016).

Untuk menentukan arah runtuhnya batuan, maka pola peledakan dibedakan menjadi :

a. *Box cut*. Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang hanya mempunyai satu bidang bebas, yakni permukaan yang bersentuhan langsung dengan udara ke arah vertikal. Pola peledakan ini bertujuan menghasilakn bongkahan awal seperti kotak (*box*) dengan kontrol *row* ditengah membagi dua rangkaian.
b. *Echelon*. Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang mempunyai tiga bidang bebas, arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola ini adalah ke arah pojok (*corner*).
c. *"V" cut*. Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki dua bidang bebas, arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola ini adalah ke arah tengan (*center*) dengan pola peledakan menyerupai huruf "V".

Alat Pengukur Getaran

Untuk mengetahui atau mendeteksi getaran tanah, kita dapat menggunakan alat pengukur bernama *Instantel Micromate*. Instantel Micromate merupakan alat yang digunakan untuk monitoring getaran (*ground vibration*), ledakan udara (air blast) dan kebisingan (noise) yang diakibatkan dari aktivitas peledakan pada area tambang sesuai dengan SNI 7570-2010 dan SNI 7571-2010.

SNI 7571:2010

Mengenai dampak getaran tanah pada aktivitas peledakan di Pit TSBC PT Bukit Asam Tbk, maka penulis berpedoman pada nilai ambang batas dari getaran terhadap bangunan dengan alasan agar memperkecil dampak yang ditimbulkan.

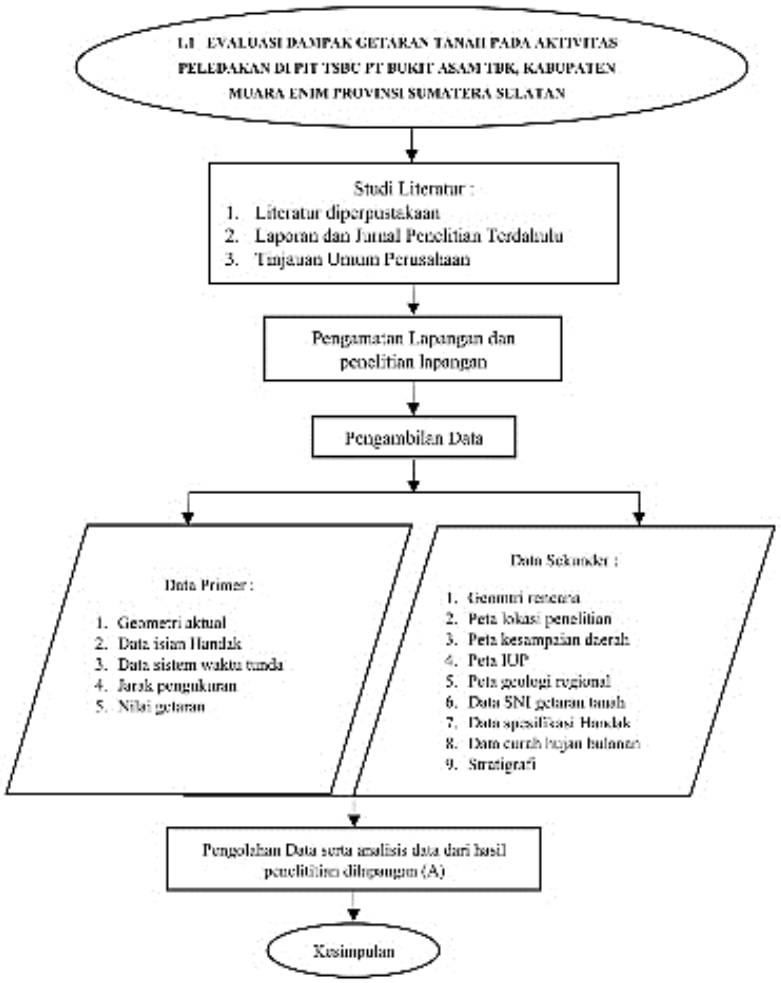
Tabel 1. Bakumutu Tingkat Getaran Berdasarkan Jenis Bangunan

Kelas	Jenis Bangunan	Kecepatan Getaran Maksimum (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar budaya (UU No.6 Tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan kerusakan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk banguna dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberikan adukan semen.	3
3	Bangunan 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 ranga baja.	12 - 40

Sumber: SNI 7571:2010

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, mengenai evaluasi dampak getaran tanah terhadap aktivitas peledakan di Pit TSBC PT Bukit Asam Tbk, menggunakan jenis penelitian dengan metode kualitatif dan kuantitatif. Pengolahan data ialah proses perubahan dari data lapangan yang kemudian disusun berdasarkan urutan, tabulasi, kemudian memunculkan nilai-nilai yang nantinya akan menjdi bahan Analisa dalam perhitungan dan pembahasan lebih lanjut setelah diperoleh data primer berupa geometri aktual, data isian bahan peledak dan jenis bahan peledak, data sistem waktu tunda, jarak pengukuran, dan nilai getaran, serta data sekunder lainnya berupa geometri rencana, peta lokasi penelitian, data standar tingkat getaran tanah, data spesifikasi bahan peledak. Adapun urutan pengambilan data menurut diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Peledakan

Pada PT Bukit Asam peledakan di Pit TSBC dilakukan oleh kontraktor PT. Pama Persada Nusantara, perancangan peledakan penambangan dimulai dari perancangan geometri dengan memakai acuan teori R.L.Ash 1963.

Nilai geometri terencana dan aktual tidaklah sama, hal tersebut dikarenakan beberapa faktor yang terjadi di lapangan. Beberapa faktor yang tidak dapat dihindari adalah perubahan keadaan geologi dan juga *human error*. Hal tersebut mengakibatkan hasil nilai getaran yang didapat tidaklah sama, karena adanya perbedaan geometri di lapangan. Nilai *Powder Factor* yang ditetapkan oleh PT Bukit Asam Tbk <1, *Powder Factor* adalah perbandingan jumlah bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang akan diledakkan dalam sekali peledakan. Dalam hal ini perlunya mengevaluasi nilai *powder factor* ialah untuk mendapatkan nilai yang efektif dari kegiatan peledakan dan mengetahui efesiensi dari penggunaan bahan peledak.

Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Getaran tanah hasil peledakan didapat dari pengukuran alat getaran *Micromate*. Pengukuran tersebut diinput kedalam *software blasware* untuk melihat hasil pengukuran. Getaran hasil peledakan akan menimbulkan tiga gelombang, yaitu gelombang transversal, gelombang longitudinal, dan gelombang vertikal. Dari ketiga gelombang tersebut dihasilkan nilai PPV (*Peak Particle Velocity*). *Scale distance* (SD) merupakan faktor yang mempengaruhi getaran tanah yaitu jarak pengukuran dibagi akar dari jumlah bahan peledak per waktu tunda, *scaled distance* mempengaruhi nilai *peak particle velocity* yang dihasilkan suatu peledakan.

Berikut contoh perhitungan nilai scaled distance pada tanggal 25 April 2022 yang memiliki jarak 780 m (D) dan jumlah bahan peledak per waktu tunda 15 kg (W). Perhitungan tersebut digunakan untuk mencari seluruh nilai *scaled distance* pada data getaran tanah hasil peledakan yang diukur.

$$SD = \frac{D}{\sqrt{W}} \quad \dots (1)$$

$$= \frac{780\ m}{\sqrt{1}5\ kg}$$

$$= \frac{780\ m}{3{,}8729\ kg1/2}$$

$$= 201{,}40\ m/kg^{1/2}$$

Setelah didapat nilai SD, selanjutnya mencari nilai K dan n untuk mendapatkan nilai PPV prediksi. Berikut contoh perhitungannya PPV prediksi dengan menggunakan regresi linear sederhana :

$Y^{\wedge} = a + b\ X$

$Log\ Y = a + b\ Log\ X \quad \dots(2)$

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2)-(\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2)-(\Sigma X)^2} \quad \dots (3)$$

$$a = \frac{(1{,}96)(86{,}53)-(41{,}46)(3{,}54)}{(20x86{,}53)-(41{,}46)^2}$$

$a = 2{,}00$

$$b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2)-(\Sigma X)^2} \quad \dots (4)$$

$$b = \frac{(20x3{,}54)-(41{,}46x1{,}96)}{(20x86{,}53)-(41{,}46)^2}$$

$b = -\ 0{,}92$

$Log\ Y = a + b\ Log\ X$

$Log\ Y = antilog\ a + b\ Log\ X$

$Log\ Y = antilog\ 2{,}00 + -0{,}92\ Log\ X$

$Y = 100\ X^{-0{,}92}$

$PPV = 100\ (SD)^{-0{,}92}$

Contoh perhitungan PPV Prediksi pada tanggal 25 April 2022
Diketahui :
SD = 201,40
K = 100
n = - 0,92
penyelesaian :
PPV = $K . SD^n$ … (5)
PPV = $100 . (201,40)^{-0,92}$
PPV = 0,76

Maka, hasil getaran pada tanggal 25 April 2022 yang seharusnya bernilai 0,76 mm/s.

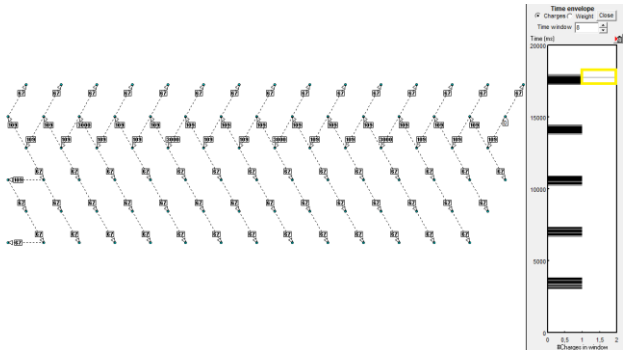
Perbaikan Sistem Waktu Tunda Peledakan

Dari hasil *design tie up* yang telah di rencanakan, setelah dilakukan pengecekan kembali menggunakan Aplikasi *SHOTplus-i pro* ada beberapa design yang hasilnya meledak bersama. Dengan adanya lubang tembak yang meledak bersama dapat menyebabkan meningkatnya nilai PPV getaran tanah.

Tabel 2. Data Perbaikan Waktu Tunda Peledakan

Tanggal	Kondisi	Pola Peledakan	Waktu Tunda		Jeda 3000 ms	Keterangan
			Sayap	Kontrol		
06 Mei 2022	Rencana	boxcut	67	109	4	ledak bersama
	Perbaikan				5	aman
10 Mei 2022	Rencana	boxcut	67	109	0	ledak bersama
	Perbaikan				4	aman

Sumber: Data Penelitian, 2022



Sumber:Peneliti, 2022

Gambar 2. Desain *Tie Up* Yang Meledak Bersamaan (6 Mei 2022)

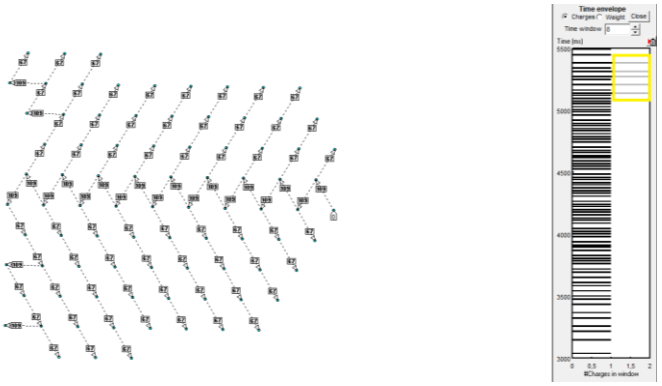
Simbol kotak kuning menunjukkan bahwa adanya 1 pasang nonel yang meledak bersamaan. Maka dari itu, peneliti menambahkan nonel jeda 3000 ms agar tidak terjadinya meledak secara bersama.



Sumber:Peneliti, 2022

Gambar 3. Modifikasi desain Tie Up Dengan Penambahan 1 Jeda 3000 ms

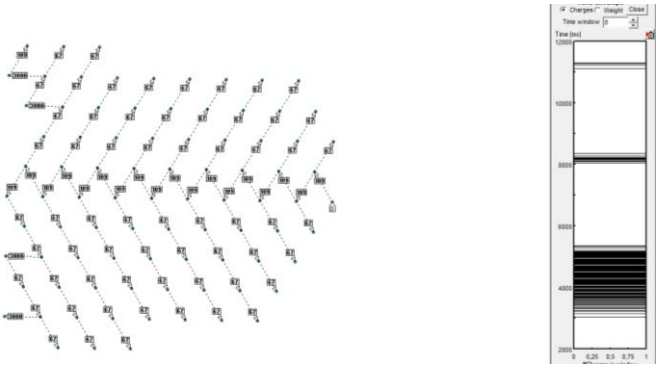
Pada gambar 3 peneliti menambahkan 1 nonel jeda 3000 ms, hasilnya terlihat bahwa 1 nonel jeda berhasil mencegah ledakan secara bersama.



Sumber:Peneliti, 2022

Gambar 4. Desain Tie Up Yang Meledak Bersamaan (10 Mei 2022)

Simbol kotak kuning menunjukkan bahwa adanya 5 pasang nonel yang meledak bersamaan. Maka dari itu, peneliti menambahkan nonel jeda 3000 ms agar tidak terjadinya meledak secara bersama.



Sumber:Peneliti, 2022

Gamar 5. Modifikasi desain Tie Up Dengan Penambahan 4 Jeda 3000 ms

Pada gambar 5 peneliti menambahkan 4 nonel jeda 3000 ms, hasilnya terlihat bahwa 1 nonel jeda berhasil mencegah ledakan secara bersama. Sistem waktu tunda Box cut dirancang dengan menggunakan dua jenis surface delay pada bagian kontrol yaitu 109 ms dan bagian sayap menggunakan 67 ms dengan tambahan delay jeda 3000 ms sebanyak 3 buah. Hal tersebut tidak memungkiri aktivitas peledakan aman, dikarenakan adanya beda waktu tunda minimum antar lubang ledak kurang dari 8 ms.

Metode Untuk Memperkecil Nilai Getaran

Pada kondisi aktual di Pit TSBC ada beberapa nilai getaran tanah yang dihasilkan melebihi nilai maksimum yang telah ditentukan oleh perusahaan. Maka dari itu, perlu adanya metode-metode yang digunakan untuk memperkecil nilai getaran tanah akibat dari aktivitas peledakan di Pit TSBC. Adapun metode yang sedang digunakan pada Pit TSBC yaitu metode *delay blasting system* dan metode *decking*.

1. *Delay Blasting Methode*

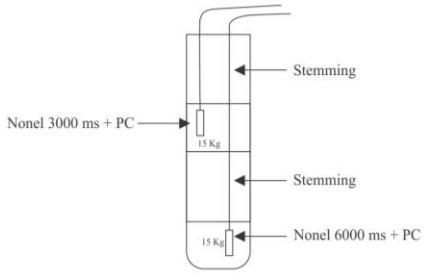
Sistem waktu tunda peledakan yang digunakan pada suatu aktivitas peledakan yang meliputi urutan waktu peledakan antara lubang-lubang ledak yang ada berpengaruh pada tingkat getaran tanah yang dihasilkan. Pemilihan interval waktu tunda (*delay*) yang tepat dalam rangkaian peledakan dapat mengurangi tingkat getaran tanah yang dihasilkan karena waktu tunda tersebut memisahkan energi yang terpancar dari bahan peledak.

Jumlah isian bahan peledak per waktu tunda akan meningkat sebanyak 100 kg pada kondisi jumlah isian bahan peledak per lubang 50 kg jika pada suatu sistem waktu tunda peledakan nonel terdapat dua lubang ledak yang meledak bersamaan. Intensitas getaran tanah yang dihasilkan suatu peledakan dapat meningkat karena hal tersebut. Waktu tunda pada detonator nonel memiliki deviasi, jika suatu detonator memiliki waktu tunda 67 ms, terdapat suatu kemungkinan detonator tersebut tidak meledak dengan tepat pada waktu 67 ms melainkan meledak pada waktu 59 ms ataupun 75 ms. Beda waktu tunda minimum yang direkomendasikan yaitu sebesar 8 ms antar lubang ledak untuk digunakan dengan tujuan meminimalisasi getaran yang dihasilkan, hal ini berarti jika waktu tunda antar lubang ledak tidak sama dengan 8 ms atau kurang dari 8 ms maka lubang ledak tersebut dianggap meledak bersamaan.

Untuk pola *echelon* dengan menggunakan *delay* 67 ms dan 109 ms yang telah dirancang oleh PT. Pama Persada Nusantara hasilnya tidak ada lubang tembak yang meledak bersama. Sedangkan pada beberapa pola *boxcut* dengan menggunakan *delay* 67 ms dan 109 ms yang telah dirancang menghasilkan adanya lubang tembak yang meledak secara bersama. Maka dari itu perlu adanya tambahan nonel *delay* yang dipasang pada beberapa *row* untuk meminimalisasi *time skecher* sebesar 8 ms.

2. *Decking Methode*

Salah satu metode yang digunakan pad Pit TSBC PT Bukit Asam untuk mengurangi getaran tanah yaitu dengan cara melakukan *double deck*. *Double deck* dilakukan dengan cara membagi kedalaman lubang tembak serta isian dengan menempatkan *stemming* di masing-masing *deck* yang telah dibagi. Masing-masing bagian di dalam kolom isian dipisah menggunakan nonel 6000 ms dan 3000 ms, yang bertujuan untuk membuat bahan peledak tidak meledak pada waktu yang sama. Hal ini dapat menurunkan tingkat getaran tanah pada aktivitas peledakan.



Sumber:Peneliti, 2022

Gamar 6. Rekayasa Metode *Double Deck*

Metode *double deck* biasanya digunakan pada saat kedalaman lubang tembak >5 meter. Jika diantara jumlah lubang tembak ada beberapa lubang pendek, maka isian bahan peledaknya harus menyesuaikan agar tidak mengakibatkan terjadinya getaran tanah yang bernilai besar.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Geometri aktual di Pit TSBC PTBA tidak beda jauh nilainya dengan geometri terencana. Perubahan nilai geometri diakibatkan oleh beberapa faktor seperti perubahan keadaan geologi (alam) dan faktor kesalahan manusia (*human error*).
2. Kondisi aktual hasil pengukuran nilai getaran tanah pada aktivitas peledakan di Pit TSBC PT Bukit Asam Tbk kurang aman, karena ada beberapa nilai get-aran diatas ambang batas yang ditentukan oleh perusahaan (2 mms), tetapi tidak melebihi batas SNI 7571: 2010 kelas 2 yang memiliki kecepatan getaran maksimum 3 mms.
3. Untuk memperkecil nilai getaran tanah di Pit TSBC PT Bukit Asam Tbk, ada dua metode yang sedang digunakan yaitu metode *delay system* dan *decking method*. Hasil dari perancangan menggunakan software SHOTplus i-pro, pada metode *delay system* pola *box cut* direkomendasikan memakai *delay surface* nonel 109 untuk kontrol dan 67 ms atau 42 ms untuk sayap, serta dengan jumlah *row* diatas 5. Agar lebih mengoptimalkan kemanan (tidak terjadinya lubang tembak meledak bersama) maka perlu ditambahkan jeda dengan nonel 3000 ms di beberapa *row*. Sedangkan pada metode *delay system* pola *echelon* direkomendasikan memakai *delay surface* nonel 67 ms untuk kontrol dan 109 ms untuk sayap, atau sebaliknya. Tetapi pola *echelon* tidak direkomendasikan untuk jumlah *row* lebih dari atau sama dengan 5. Pada metode *double deck*, seluruh jumlah lubang tembak diharuskan melakukan pengisian bahan peledak (*powder charge*) bernilai sama agar tidak menghasilkan nilai getaran tanah yang besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur di panjatkan karena berkat rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan paper dengan judul “Evaluasi Dampak Getaran Tanah Terhadap Aktivitas Peledakan di Pit TSBC PT Bukit Asam Tbk, Tanjung Enim, Sumatera Selatan”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat khususnya Bapak Yudho Dwi Galih Cahyono dan Ibu Fairus Atika Redanto Putri selaku dosen pembimbing saya dalam melakukan penelitian dan penyusunan paper, kedua orangtua yang selalu mendoakan kelancaran

dalam semua hal, semua teman Teknik Pertamangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, serta PT Bukit Asam Tbk yang telah memberi kesempatan penelitian hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ash,R.L. 1963. The Mecanisc of Rock Breakage Cheveland : Pit and Quarry Magazine.
[2] Ash,R.L. 1990. Design od Blasting Round, Surface Minung, B. A Kennedy, Editor, Society for Mining, Metalurgy, and Exploration, Inc.
[3] Busyari, M dan Ayu Oktaviani. 2011. Dampak Peledakan (Blasting) Terhadap Kesehatan Keselamatan Kerja Dan Pemukiman Penduduk Di Sekitar Lokasi Pt. Safhira Gifha Kota Bangun-Kutai Kartanegara. Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik, Universitas Mulawarman Samarinda.
[4] Cahyono, Yudho. D.G., dkk. 2019. Kajian Fragmentasi Pemberaian Batuan Quarry Andesit di Bukit Tapuan PT. XYZ. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknolo-gi Adhi Tama Surabaya.
[5] Cahyono, Yudho. D.G., dkk. 2020. Evaluasi Nilai Powder Factor Untuk Pening-katan Produksi Peledakan Quary Batu Andesit di PT. Arga Wastu Desa Sanetan, Kecamatan Sluke, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. SEMI-TAN II. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
[6] Konya, C. J., dan Walter, E. J. 1990. Surface Blast Design. New Jersey, USA: Prentice Hall Englewood Cliffs.
[7] Noviansyah, M. R. 2017. Rancangan Sistem Waktu Tunda Peledakan Nonel Untuk Mengurangi Efek Getaran Tanah Terhadap Fasilitas Tambang di Quarry Karang Putih, PT. Semen Padang, Indarung. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya. Palembang.
[8] Partanto Prodjosumarto, 1993, Tambang Terbuka. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung.
[9] Putri, Fairus. A.R. 2020. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Tambang Batubara Pa-da Tambang Terbuka Di PT. X. Jurnal IPTEK. Jurusan Teknik Per-tambangan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
[10] Standar Nasional Indonesia. 7571: 2010. Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
[11] Sucofindo. (2002). Buku Saku K3. PT. (Persero) Sucofindo, Jakarta.
[12] Tumakaka, Yosua Andhika. 2016. Penerapan K3 Dalam Peledakan. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik. Universitas Palangkaraya.