

Kajian Teknis Perbandingan antara Kinerja Detonator Elektronik *Austin E-Star* dan Detonator Nonel terhadap Kontrol Vibrasi dan Fragmentasi pada Peledakan PT Dahana di Pit Tutupan PT Sapta Indra Sejati *Jobsite* PT Adaro Tabalong Kalimantan Selatan

Ginanjar Abdul Aziz*, Yuliadi, Zaenal

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*ginanjarabdulaziz@gmail.com, yuliadi_ms@yahoo.com, zaenal.mq66@gmail.com

Abstract. The research activities were carried out in the Pit-CT and Pit-N at PT Dahana jobsite Adaro, Tabalong, South Kalimantan. Blasting activities carried out at PT Adaro Indonesia use two different detonators which is nonel and electronic detonators. In theory, electronic detonators have advantages in accuracy and effectiveness, while nonel detonators are superior in cost efficiency. Then a study is needed to measure the performance resulting from the use of both detonators. One of the success rates for blasting can be seen from the quality of the fragmentation and the vibration value of the blasting produced. Fragmentation and vibration have close links that are generally the opposite of each other in the results. These two parameters can be used as a reference to determine the comparison of the performance levels of the two detonators. Then in this study was determined that several factors were made fixed in the study, including the 8 m burden, 9 m spacing, 200 mm borehole diameter, blasting corner cut pattern, upright drilling direction, staggered rectangular drilling pattern, single deck hole, with clay rock. Fragmentation measurement is done by the method of photography using split desktop. And for vibration measurements carried out using a blastmate whose results will be used as simulation material. The size of the fragmentation from electronic blasting has an X50 range of 72.95% - 100% with an average of 96.57%, and the largest block is 89.88 cm. And nonel blasting has an X50 range of 52.48% - 100% with an average of 83.71%, and the largest block is 104.19 cm. Vibration from electronic blasting has PVS in the range 0.874 - 1.924 mm/s, with a maximum number of contents per delay of 158 kg. Whereas the vibration of nonel blasting with the closest slope bench critical area has a range of 4.64 - 23.75 mm/s, with a maximum number of contents of 1038 kg/delay. After simulation of PVS calculations from nonel to electronic blasting, PVS values ranged from 6.1 to 14.11 mm/s with PVS values ranging from 7.87% to 52.39% with an average difference of 25.18%. The total volume of blasting results using an electronic detonator 601,164 m³ with a PF of 0.19 kg/m³. Whereas the nonel has a total blasting volume of 776,628 m³ with a PF of 0.29 kg/m³.

Keywords: Fragmentation, Vibration, Delay, Powder Factor (PF).

Abstrak. Kegiatan penelitian dilakukan di Pit-CT dan Pit-N di PT Dahana *jobsite* Adaro, Tabalong, Kalimantan Selatan. Kegiatan peledakan yang dilakukan di PT Adaro Indonesia menggunakan dua detonator yang berbeda yaitu detonator nonel dan elektronik. Secara teori, detonator elektronik memiliki keunggulan dalam akurasi dan efektivitas, sedangkan detonator nonel lebih unggul dalam efisiensi biaya. Maka diperlukan kajian untuk mengukur kinerja yang dihasilkan dari penggunaan kedua detonator. Tingkat keberhasilan peledakan salah satunya dapat diketahui dari kualitas fragmentasi dan nilai vibrasi peledakan yang dihasilkan. Fragmentasi dan vibrasi memiliki kaitan erat yang umumnya saling bertolak belakang dalam hasilnya. Kedua parameter tersebut dapat dijadikan acuan untuk mengetahui perbandingan tingkat kinerja kedua detonator. Dalam penelitian ini ditentukan bahwa ada beberapa faktor yang dijadikan tetap dalam penelitian, diantaranya *burden* 8 m, *spasi* 9 m, diameter lubang bor 200 mm, pola peledakan *corner cut*, arah pemboran tegak, pola pemboran *staggered rectangular*, lubang *single deck*, dengan batuan *clay*. Pengukuran fragmentasi dilakukan dengan metode fotografi menggunakan *split desktop* lalu dilakukan pengukuran *digging time* untuk mengetahui kualitas dari fragmentasi. Dan untuk pengukuran vibrasi dilakukan dengan menggunakan *blastmate* yang hasilnya akan dijadikan bahan simulasi. Ukuran fragmentasi dari peledakan elektronik memiliki rentang X50 dari 72,95% - 100% dengan rata-rata 96,57%, dan bongkah terbesar yaitu 89,88 cm. Dan peledakan nonel memiliki rentang X50 dari 52,48% - 100% dengan rata-rata 83,71%, dan bongkah terbesar yaitu 104,19 cm. Vibrasi dari peledakan elektronik memiliki PVS pada rentang 0,874 – 1,924 mm/s, dengan jumlah isian maksimal per *delay* 158 kg. Sedangkan untuk vibrasi peledakan nonel dengan *critical area slope bench* terdekat memiliki rentang 4,64 – 23,75 mm/s, dengan jumlah isian maksimal 1038 kg/delay. Setelah dilakukan simulasi perhitungan PVS dari peledakan nonel menjadi elektronik didapat nilai PVS dengan rentang 6,1 – 14,11 mm/s dengan perbedaan nilai PVS berkisar antara 7,87 % - 52,39 % dengan rata-rata perbedaan 25,18%. Volume total hasil peledakan menggunakan detonator elektronik 601.164 m³ dengan PF 0,19 kg/m³. Sedangkan untuk nonel memiliki volume total hasil peledakan 776.628 m³ dengan PF 0,29 kg/m³.

Kata Kunci: Fragmentasi, Vibrasi, *Delay*, *Powder Factor* (PF).

1. Pendahuluan

Dalam kegiatan pembongkaran batuan dengan peledakan, ada beberapa hal yang menentukan keberhasilan suatu kegiatan peledakan diantaranya fragmentasi hasil peledakan, vibrasi yang dihasilkan serta PF peledakan. Penggunaan detonator untuk kegiatan peledakan sangat berpengaruh terhadap tiga parameter hasil peledakan diatas. Pada Peledakan PT Dahana di *site* PT Adaro, dalam proses kegiatan peledakannya menggunakan detonator nonel dan elektronik sebagai pemicu awal. Masing-masing detonator memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing baik itu dalam segi efektivitas, hasil peledakan dan biaya yang dipakai.

Secara teori penggunaan detonator elektronik memiliki efektivitas lebih besar dibandingkan dengan detonator nonel. Hal ini disebabkan oleh perbedaan teknologi yang digunakan dalam pada kedua detonator, *delay* dan pola peledakan detonator elektronik lebih fleksibel penggunaannya karena *delay* peledakan bisa bebas diatur dibandingkan dengan detonator nonel yang *delay*-nya sudah diatur produsen.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Fragmentasi hasil peledakan, PT Adaro memiliki standar ukuran fragmentasi yang

- direkomendasikan kepada kontraktor jasa peledakan dimana secara aktual terdapat perbedaan fragmentasi hasil peledakan dari penggunaan detonator nonel dan elektronik.
2. Nilai vibrasi peledakan, PT Adaro memiliki standar nilai vibrasi yang direkomendasikan kepada kontraktor jasa peledakan dimana secara aktual terdapat perbedaan nilai vibrasi peledakan dari penggunaan detonator nonel dan elektronik.
 3. *Powder factor* peledakan, PT Adaro memiliki target produksi yang perlu dipenuhi dalam setiap peledakan dan jumlah bahan peledak yang digunakan. Secara aktual terdapat perbedaan PF yang digunakan dari penggunaan detonator nonel dan elektronik. Adapun tujuan dilakukannya penelitian tersebut adalah sebagai berikut:
 1. Mengetahui perbandingan fragmentasi dari penggunaan detonator elektronik dibandingkan detonator nonel berdasarkan standar yang digunakan perusahaan.
 2. Mengetahui perbandingan Nilai Ambang Batas (PVS) dari vibrasi yang dihasilkan peledakan elektronik dan nonel berdasarkan SNI 7571: 2010 atau standar perusahaan.
 3. Mengetahui perbandingan PF untuk peledakan elektronik dan nonel berdasarkan geometri dan jumlah lubang ledak.
 4. Mengetahui faktor yang secara khusus membedakan detonator elektronik dan detonator nonel dalam pengaruhnya terhadap fragmentasi dan vibrasi.

2. Landasan Teori

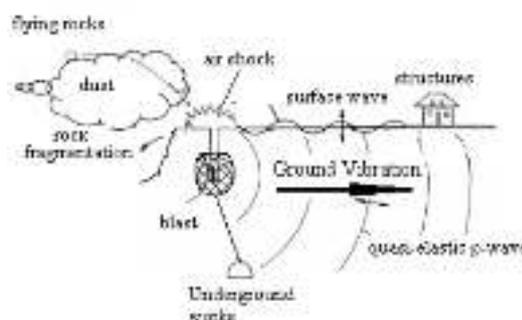
Peledakan adalah kegiatan pembongkaran atau pemberaian batuan yang memiliki kekerasan tinggi. Kegiatan Peledakan dilakukan karena alat gali (*excavator*) tidak mampu untuk membongkar batuan. (*Engineering Rock Blasting Operation*, Sushil Bhandari, 1997)

Untuk kegiatan peledakan ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar kegiatan peledakan berhasil sesuai dengan rencana (*Engineering Rock Blasting Operation*, Sushil Bhandari, 1997):

1. Karakteristik bahan peledak yang digunakan.
2. Kekerasan massa batuan.
3. Memperhatikan geometri peledakan
4. Menjalankan prosedur operasional standar yang sudah ditetapkan.

Peledakan sendiri memiliki dampak pada lingkungan dan beberapa dampak peledakan telah distandarisasi oleh pemerintah untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan sekitar peledakan. Beberapa dampak negatif yang timbul akibat peledakan adalah sebagai berikut:

1. *Ground vibration* (getaran tanah akibat peledakan)
2. *Air Blast* (suara bising akibat peledakan)
3. *Fumes* (gas yang dihasilkan dari peledakan yang beracun dan berbahaya)
4. *Fly rock* (batuan yang terlempar akibat ledakan)
5. *Dust* (debu yang merupakan material batuan berukuran kecil)



Gambar 1. Dampak Kegiatan Peledakan

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya, untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau boulder diperlukan misal untuk penghalang (*barrier*) di tepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena

penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh mangkok alat gali (*excavator* atau *shovel*) yang akan memuatnya ke dalam truk dan oleh ukuran gap bukaan *crusher*. Adapun Faktor yang mempengaruhi fragmentasi diantaranya :

1. Karakteristik massa batuan
2. Struktur geologi
3. Air tanah
4. Priming
5. Pola penyalaan (pola peledakan)
6. Kemiringan Lubang
7. Pola Pemboran

Sebuah model yang banyak digunakan oleh para ahli untuk memperkirakan fragmentasi hasil peledakan adalah model Kuz-Ram. Kuznetsov (1973) telah melakukan penelitian untuk mengukur fragmentasi dengan peledakan menggunakan TNT, hasilnya dikenal dengan persamaan Kuznetsov. Lalu Cunningham (1987) memodifikasi persamaan tersebut untuk bahan peledak ANFO menjadi :

$$X = A \left(\frac{V_0}{Q} \right)^{0.8} Q^{1/6} \left(\frac{E}{115} \right)^{-\frac{19}{30}}$$

Dimana :

X = Ukuran rata-rata fragmentasi (cm)

A = Faktor batuan

Q = Jumlah bahan peledak per lubang ledak (kg/lubang)

V_0 = Volume batuan (m^3)

E = *Relative Weight Strength* (RWS) bahan peledak (ANFO 100, TNT 115)

Vibrasi peledakan adalah suatu dampak yang diakibatkan oleh kegiatan peledakan yang dapat merusak lingkungan disekitarnya. Getaran tanah (*Ground Vibration*) pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur disekitar lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam usaha menentukan hubungan antara faktor-faktor tersebut sesuai dengan tingkat getaran. Pada dasarnya getaran tanah akibat peledakan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor yang dapat dikontrol dan faktor yang tidak dapat dikontrol. Faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol yaitu yang berhubungan dengan kondisi alam, geologi, dan geomekanik. Sedangkan faktor-faktor yang dapat dikontrol diantaranya yaitu :

1. Jumlah isian bahan peledak maksimal per-*delay*
2. Jarak dari lokasi peledakan
3. Waktu tunda (*delay*)
4. Geometri peledakan
5. Jenis bahan peledak
6. Arah peledakan

Menurut US *Bureau of Mines*, hubungan antara kecepatan partikel dengan jarak peledakan ke titik pengukuran dan berat muatan bahan peledak yang dianggap meledak bersamaan dinyatakan dalam persamaan:

$$PVS = K \times \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-e}$$

Dimana:

PVS = Peak vector sum (mm/s)

K = *Site konstanta*

R = Jarak (m)

Q = Isian bahan peledak per-*delay* (kg)

e = *Site eksponen*

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Perbandingan Kinerja Detonator Elektronik dan Nonel

Terdapat 3 parameter yang dibandingkan dalam penelitian ini yaitu nilai *powder factor* (PF), fragmentasi dan vibrasi yang dihasilkan dari tiap peledakan elektronik dan nonel. Nilai-nilai

yang didapat dari hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai PF, Fragmentasi dan Vibrasi Peledakan Elektronik dan Nonel

No	PF (kg/m ³)		Fragmentasi X50 (%)		Vibrasi (mm/s)		
	Elektro-nik	Nonel	Elektro-nik	Nonel	Elektro-nik	Nonel Simulasi	Nonel
1	0,17	0,31	100	89,42	0,87	6,93	8,32
2	0,18	0,29	100	87,03	0,87	6,93	9,55
3	0,15	0,29	92,29	-	1,37	6,93	8,89
4	0,14	0,29	83,37	75,15	1,31	6,1	12,81
5	0,17	0,28	100	74,86	-	6,93	7,78
6	0,17	0,31	-	92,95	1,02	6,93	8,21
7	0,24	0,24	-	-	1,92	-	-
8	0,17	0,28	96,89	73,55	-	6,93	7,52
9	0,19	0,30	100	85,89	-	6,93	4,64
10	0,23	0,29	100	90,84	1,60	14,11	23,75
Rata-rata	0,19	0,29	96,57	83,71	1,28	7,64	10,16

Berdasarkan perhitungan, didapat volume total hasil peledakan menggunakan detonator elektronik 601.164 m³ dengan PF rata-rata 0,19 kg/m³. Sedangkan untuk nonel memiliki volume total hasil peledakan 776628 m³ dengan PF rata-rata lebih besar yaitu 0,29 kg/m³. Volume total hasil peledakan nonel lebih besar dibandingkan dengan elektronik, tetapi PF yang digunakan elektronik lebih kecil dibandingkan nonel. Peledakan elektronik memiliki PF lebih kecil dibandingkan dengan peledakan nonel dikarenakan PF pada peledakan elektronik dapat dioptimalkan dengan penggunaan delay yang sesuai agar batas fragmentasi dan vibrasi dapat terpenuhi.

Berdasarkan proses analisis fotografi penentuan fragmentasi menggunakan *split desktop* didapat rata-rata persentase fragmentasi dibawah ukuran 50 cm untuk peledakan elektronik adalah 96,57 %. Sedangkan untuk peledakan nonel rata-rata fragmentasi dibawah 50 cm adalah 83,71%. Dari perbandingan antara peledakan elektronik dan nonel, didapat bahwa fragmentasi hasil peledakan elektronik memiliki kualitas lebih baik dibandingkan dengan nonel walaupun dengan PF yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan peledakan elektronik *delay*nya telah dioptimalkan dengan penggunaan *delay* yang kecil sehingga hasil fragmentasinya lebih baik dibandingkan nonel.

Data vibrasi dari peledakan nonel dan elektronik tidak dapat dibandingkan secara langsung dikarenakan perbedaan PF yang digunakan sehingga isian per-*delay*-nya berbeda. Perbandingan vibrasi harus dilakukan dengan jumlah isian bahan peledak per-*delay* yang sama. Berdasarkan simulasi peledakan elektronik yang dilakukan terhadap data nonel didapat nilai rata-rata vibrasi dari peledakan simulasi 7,64 mm/s sedangkan untuk vibrasi peledakan nonel aktual 10,15 mm/s. Nilai PVS dari hasil simulasi memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan PVS aktual peledakan nonel. Hal ini dikarenakan tidak adanya lubang yang meledak bersamaan pada peledakan elektronik sehingga isian per *delay* yang digunakan lebih kecil dan *delay* yang digunakan telah dioptimalkan dengan metode *Signature Hole Analysis* sehingga membuat gelombang getaran akan saling meniadakan (superposisi gelombang).

Berdasarkan nilai PF-nya didapat bahwa peledakan elektronik memiliki fragmentasi dan vibrasi yang lebih baik dibandingkan dengan peledakan nonel. Walaupun dengan PF yang lebih kecil peledakan elektronik mampu mengoptimalkan fragmentasi dan vibrasi menjadi lebih baik daripada nonel, sehingga kinerja dari peledakan elektronik lebih baik dari pada peledakan nonel.

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengolahan data, ukuran fragmentasi dari peledakan elektronik memiliki rentang X50 dari 72,95% - 100% dengan 2 data dibawah 90% dari 16 data, ukuran fragmentasi paling besar dihasilkan dari lokasi peledakan CT2 Jalan Lama yaitu 89,88 cm dengan PF 0,14 kg/m³. Sedangkan untuk peledakan nonel memiliki rentang

X50 dari 52,48% - 100% dengan 10 data dibawah 90% dari 16 data, ukuran fragmentasi paling besar dihasilkan dari lokasi peledakan N2 Roof T112 yaitu 104,19 cm dengan PF 0,28 kg/m³.

2. Berdasarkan hasil pengukuran vibrasi yang dihasilkan dari peledakan detonator elektronik Austin E-Star pada critical area tangki Pertamina, memiliki PVS pada rentang 0,874 – 1,924 mm/s, PVS paling tinggi dihasilkan dari lokasi peledakan CT2 *Floor D* yaitu 1,924 mm/s dengan jumlah isian maksimal per *delay* 158 kg dan jarak 846 m dari tangki Pertamina. Sedangkan untuk hasil pengukuran vibrasi peledakan nonel dengan *critical area slope bench* terdekat memiliki rentang 4,64 – 23,75 mm/s, PVS paling tinggi dihasilkan dari lokasi peledakan N1 Roof T110 dengan jumlah isian 578 kg/delay dan jarak 150 m. Dan setelah dilakukan simulasi perhitungan PVS dari peledakan nonel menjadi elektronik didapat nilai PVS dengan rentang 6,1 – 14,11 mm/s dengan perbedaan nilai PVS berkisar antara 7,87 % - 52,39 % dengan rata-rata perbedaan 25,18%
3. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan didapat volume total hasil peledakan menggunakan detonator elektronik 601.164 m³ dengan PF 0,19 kg/m³. Sedangkan untuk nonel memiliki volume total hasil peledakan 776.628 m³ dengan PF 0,29 kg/m³.
4. Faktor yang membedakan penggunaan detonator elektronik dan nonel yang mempengaruhi fragmentasi dan vibrasi secara signifikan adalah *delay* yang merupakan faktor penting untuk merekayasa gelombang (getaran) dan penyebaran energi. *Delay* detonator elektronik dapat diatur sedemikian rupa oleh *blast engineer*, sedangkan nonel tidak karena sudah memiliki *delay* bawaan. Jadi dalam efektifitas peledakan detonator elektronik lebih unggul.

5. Saran

1. Kualitas fragmentasi pada lokasi peledakan nonel dapat ditingkatkan dengan penggunaan *delay* yang tepat disesuaikan dengan karakteristik batuan dan geometri peledakan yang digunakan. Pengkajian kembali terhadap *delay* yang digunakan dengan menggunakan metode trial and error untuk optimalisasi penggunaan *delay* dan bahan peledak.
2. Distribusi dari bahan peledak yang menumpuk di bagian bawah lubang menyebabkan bagian atas atau *layer stemming* memiliki ukuran fragmentasi yang buruk. Dapat dilakukan pengkajian ulang terhadap ukuran diameter lubang bor yang dipakai sehingga dengan PF yang sama distribusi bahan peledak akan lebih merata pada lubang yang lebih kecil.
3. Untuk lubang dangkal *tie up* secara seri dari lubang ke lubang dapat mengurangi biaya peledakan yang digunakan untuk *bus wire*.
4. Perlu dilakukan pengecekan kedalaman lubang untuk memastikan kesesuaian dengan desain untuk pencegahan lubang *overcharge* bahan peledak.

Daftar Pustaka

- [1] Ash, R.L., (1963), Design of Blasting Round, Surface Mining, New York, USA: B.A. Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- [2] Bhandari, S., (1997), Engineering Rock Blasting Operations, Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema.
- [3] Cunningham, C.V.B., (1983), The Kuz-Ram Model for Prediction of Fragmentation From Blasting, First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Lulea, Swede.
- [4] Cunningham, C.V.B., (2000), The Effect Of Timing Precision on Control of Blasting Effects. Proceedings 1st EFEE Conference on Explosives and Blasting Technique, Munich, Jerman.
- [5] Cunningham, C.B.V., (2005), The Kuz-Ram Fragmentation Model – 20 Years on, United Kingdom: European Federation of Explosives Engineers.
- [6] Dick, R.A., Fletcher, L.R. dan D'Andrea, D.V., (1983), Explosive and Blasting Procedures Manual, USA: United States Department of The Interior.

- [7] Jimeno C.L. dan Jimeno E.L., (1995), *Drilling and Blasting of Rocks*, Rotterdam/Brookfield: A. A. Balkema.
- [8] Hustrulid, W.A., (1999), *Blasting Principles for Open Pit Mining: Theoretical Foundations, Volume 2*. Colorado School of Mines, Colorado, USA: Taylor and Francis Group CRC.
- [9] Koesnaryo. S., (2001), *Rancangan Peledakan Batuan*, Yogyakarta, Indonesia: Fakultas Tambang UPN Veteran Yogyakarta.
- [10] Konya, C.J., dan Walter, E.J., (1990), *Surface Blast Design*, New Jersey, U.S.A: Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- [11] Richards, A. B., Evans R., dan Moore A. J, (1994), *Blast Vibration Course : Measurement, Assesment, Control*, Australia : Australian Institute of Mining & Metallurgy.
- [12] Rosenthal M.F., dan Marlock G.L., (1987). *Blasting Guidance Manual*, Washington DC, USA: OSMRE.
- [13] SNI, (2010), *SNI 7571: Baku Tingkat Getaran Peledakan pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*, Bandung, Indonesia : BSN.