

Analisis Penggunaan *Balldeck* pada Kegiatan Peledakan untuk Meminimalisir *Flyrock*

Arif Nurwaskito¹, Rahmat Agam Putra¹, Abdul Salam Munir^{1,2}, Habibie Anwar¹, Muhammad Idris Juradi¹, Suriyanto Bakri¹, Sitti Ratmi Nurhawaisyah¹, Citra Aulia Khalik¹, Firman Nullah Yusuf², Nur Asmiani¹, Mubdiana Arifin¹, Jamal Rauf Husain³*

1. Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

2. Laboratorium Pengeboran dan Peledakan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia

3. Departemen Geologi, Fakultas Geologi, Universitas Hasanuddin

*Email: salammunir@umi.ac.id

SARI

Kegiatan peledakan akan menimbulkan dampak yang berisiko bagi lingkungan sekitar, salah satunya *flyrock* (batu terbang) hasil ledakan. Lemparan fragmen batuan yang melewati radius aman dapat merusak peralatan, mengakibatkan cedera, dan kehilangan nyawa pada manusia. Oleh karena itu digunakan *balldeck* sebagai instrumen tambahan untuk meminimalisir *flyrock*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran geometri peledakan yang digunakan, mengetahui cara meminimalisir *flyrock* pada saat peledakan, dan mengetahui cara perhitungan hasil lemparan maksimal *flyrock* secara teoritis dengan penggunaan *balldeck*. Metode penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data berupa geometri peledakan, data jarak lemparan maksimum *flyrock* sebelum dan setelah menggunakan *balldeck*. Hasil penelitian diperoleh hasil rata-rata volume geometri peledakan yaitu 46.231,94 BCM, hasil rata-rata lemparan maksimum *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck* 149,1 m, hasil rata-rata lemparan maksimum *flyrock* menggunakan *balldeck* 58,7 m, dan hasil rata-rata jarak lemparan maksimum *flyrock* menggunakan *balldeck* berdasarkan teori Richard and Moore, yaitu 80,43 m (*Face Burst*) dan 59,54 m (*Cratering*). Adapun faktor yang meminimalisir *flyrock* yaitu kedalaman lubang tidak dangkal, kolom *stemming* tidak pendek, dan juga penggunaan *balldeck* di dalam lubang bor.

Kata kunci: Peledakan; *Flyrock*; *Balldeck*; Geometri; Jarak Lemparan.

How to Cite: Nurwaskito, A., dkk., 2022. Analisis Penggunaan *Balldeck* pada Kegiatan Peledakan untuk Meminimalisir *Flyrock*. Jurnal Geomine, 10 (3): 280-291.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit 09 November 2022
Received in from 09 November 2022
Accepted 22 December 2022

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ABSTRACT

Blasting activities will have a risky impact, one of which is the explosion. Rock fragments thrown beyond the safe radius can cause damage to equipment, result in injury, and even cause death to humans. As a result, a balldeck is used to reduce flyrock. The purpose of this study was to determine the size of the blasting geometry used, to know how to minimize during blasting, and to find out how to calculate the theoretical maximum result of using a balldeck. The research method was carried out by collecting data in the form of blasting geometry and maximum throwing distance data before and after using the balldeck. The results showed that the average volume of blasting geometry was 46,231.94 BCM, the average maximum throw before using the balldeck was 149.1 m, the average result of the maximum throw after using the balldeck was 58.7 m, and the average distance was 58.7 m. The maximum throw of a balldeck using the theory of Richard and Moore is 80.43 m (face burst) and 59.54 m (crating). The depth of the hole, the stemming column, and the use of a balldeck in the borehole all help to reduce risk.

Keywords: *Blasting; Flyrock; Balldeck, Geometry, Throw Distance.*

PENDAHULUAN

Kegiatan peledakan merupakan kegiatan yang memiliki dampak risiko tinggi. Risiko risiko tersebut meliputi risiko-risiko yang berkaitan dengan keselamatan pekerja dan keselamatan lingkungan sekitar. Peledakan merupakan proses pemindahan batuan dalam jumlah besar yang disebabkan oleh adanya reaksi dari bahan peledak (Armansyah dkk., 2014). Ada beberapa pertimbangan dalam memilih kegiatan peledakan yaitu lebih cepat pada saat pembongkaran dan lebih efisien dari segi perawatan peralatan mekanik. Selain menguntungkan, kegiatan peledakan juga dapat menimbulkan dampak negatif dan berpotensi merusak operasi penambangan, salah satunya batu terbang (Abdurrachman dkk., 2015). Batuan pada tambang batubara memiliki sifat mekanik yang masif dan keras (Wahyuni dkk., 2021) maka pembongkaran material akan lebih mudah jika menggunakan peledakan. Proses peledakan sangat bermanfaat untuk mempermudah dan mempercepat proses kerja alat muat dan angkut pada saat pemindahan muatan (Rizani dkk., 2020). Terdapat dua metode peledakan yang dapat digunakan, yakni peledakan tanpa arus listrik dan peledakan menggunakan arus listrik (Hidayatullah, 2019).

Dampak dari *flyrock* merupakan salah satu masalah utama dalam kegiatan peledakan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan radius aman dari *flyrock* hasil kegiatan peledakan dan mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap radius *flyrock*. Metode survei dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan analisis kuantitatif dengan menghitung dan menganalisis prediksi radius *flyrock* secara teroris. *Flyrock* yang dihasilkan dari kegiatan peledakan memberikan dampak terhadap lingkungan. Fragmentasi batuan yang terlempar melebihi radius aman dapat menyebabkan kerusakan alat dan juga dapat mengakibatkan cedera bahkan kematian untuk manusia (Putri dkk., 2017).

Dampak dari *flyrock* dapat dikurangi dengan mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap *flyrock* itu sendiri, yakni geometri peledakan dan bahan peledak (Suwandi, 2009). Pembongkaran material dapat dilakukan dengan menggunakan metode peledakan untuk memudahkan dalam penggalian. Parameter kesuksesan kegiatan peledakan dapat dinilai dari ketercapaian target, penggunaan bahan peledak yang efisien, ukuran fragmen, dan lingkungan yang terdampak (Susanti dan Cahyadi, 2011). Selain *flyrock* (batu terbang), dampak lain dari kegiatan peledakan ialah getaran peledakan. Getaran peledakan merupakan getaran yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan di tambang terbuka yang dapat mempengaruhi keutuhan maupun kekokohan suatu bangunan (Badan Standarisasi Nasional, 2010).

Bahan peledak di industri pertambangan biasanya terbuat dari campuran bahan kimia, oleh karena itu disebut sebagai bahan peledak kimia. Bahan peledak didefinisikan sebagai senyawa atau campuran individu dalam bentuk padat, cair, gas atau campurannya yang karena panas, guncangan, gesekan atau ledakan primer, bereaksi sangat cepat dan bersifat termal (eksotermik) dan menghasilkan beberapa atau semua reaksi yang terjadi dalam bentuk gas bertekanan tinggi dan suhu yang sangat panas (Imkotta, 2015).

Emulsi adalah bahan peledak berbentuk gel yang tidak peka terhadap detonator. Bahan ini cocok digunakan pada tambang terbuka atau tambang bawah tanah dengan sifat lubang basah. Bahan peledak ini juga digunakan sebagai bahan peledak industri, keamanannya tinggi, mudah ditangani dan sangat ekonomis dibandingkan dengan bahan peledak konvensional lainnya. Emulsi memiliki kepekaan yang sangat rendah terhadap guncangan mekanis. Kriteria sensitivitas terhadap guncangan mekanis ini merupakan fitur yang sangat penting dalam produksi ini (Yudha dkk., 2014).

Flyrock didefinisikan sebagai potongan-potongan batu yang tiba-tiba terlempar dari lokasi ledakan oleh kekuatan ledakan. *Flyrock* adalah salah satu dampak lingkungan yang paling berbahaya dari area pertambangan (Mudric, 2022). Daya rusak yang dihasilkan dari kegiatan peledakan akan bergantung pada penggunaan jenis bahan peledak dan tujuan penggunaannya. Pemanfaatan bahan peledak dapat digunakan pada beberapa hal, baik hal baik maupun buruk, seperti pada keperluan keteknikan, industri, penanaman ideologi, maupun politik, dan hal-hal lainnya (Nubatonis dan Rande, 2020).

Salah satu inovasi yang didapatkan dalam bidang peledakan, yakni penggunaan *balldeck*. *Balldeck* memiliki bentuk seperti bola yang terbuat dari plastik lentur dengan kegunaan untuk membuat area yang kosong (*air decking*) pada lubang peledakan untuk menghasilkan energi yang terkurung dan rongga berkurang pada saat gas dikeluarkan secara vertikal. Penggunaan bahan peledak menjadi berkurang dan nilai *powder factor* pun juga berkurang pada saat *balldeck* ini digunakan, hal ini tentu berpengaruh terhadap biaya operasional peledakan. *Balldeck* mengontrol *flyrock* / *stemming* ejection dengan cara

mengkunci *stemming* material yang berada di atasnya saat mendapat tekanan dari reaksi perubahan eksplosif yang terinisiasi (Arbi, 2019).

Perencanaan kegiatan peledakan yang baik perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil batuan terbongkar yang sesuai dengan perencanaan dengan memperhatikan parameter-parameter yang ada termasuk geometri peledakan, seperti burden, spasi antar lubang, stemming, subdrilling, diameter lubang, tinggi lubang ledak, dan *powder factor* (Harukadol dan Kopa, 2021).

METODE PENELITIAN

Orientasi Lapangan

Mengenal secara umum kegiatan peledakan yang ada di sebuah perusahaan dengan melihat langsung kegiatan di lapangan dan melakukan observasi untuk mengidentifikasi daerah sekitar dan karakteristik massa batuan pada lokasi penelitian.

Tahap Pengambilan Data

Tahapan ini merupakan tahap penting dalam suatu penelitian. Tahapan ini menjadi langkah untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam tahap pengolahan dan analisis hasil penelitian. Adapun jenis data yang digunakan dalam penelitian ini, yakni:

1. Data Primer

Meliputi data hasil geometri peledakan, data lemparan *flyrock* setelah menggunakan *balldeck* di Pit 9, dan dokumentasi.

2. Data Sekunder

Meliputi data berupa koordinat perusahaan dan data lemparan *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck* di Pit 7.

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan selama 29 hari kerja. Dalam pelaksanaannya, penulis melakukan pengamatan langsung dengan mengambil data hasil geometri peledakan dan hasil lemparan *flyrock* setelah menggunakan *balldeck* (Gambar 1).



Gambar 1. Pengukuran Geometri dan Pengukuran *Flyrock*

HASIL PENELITIAN

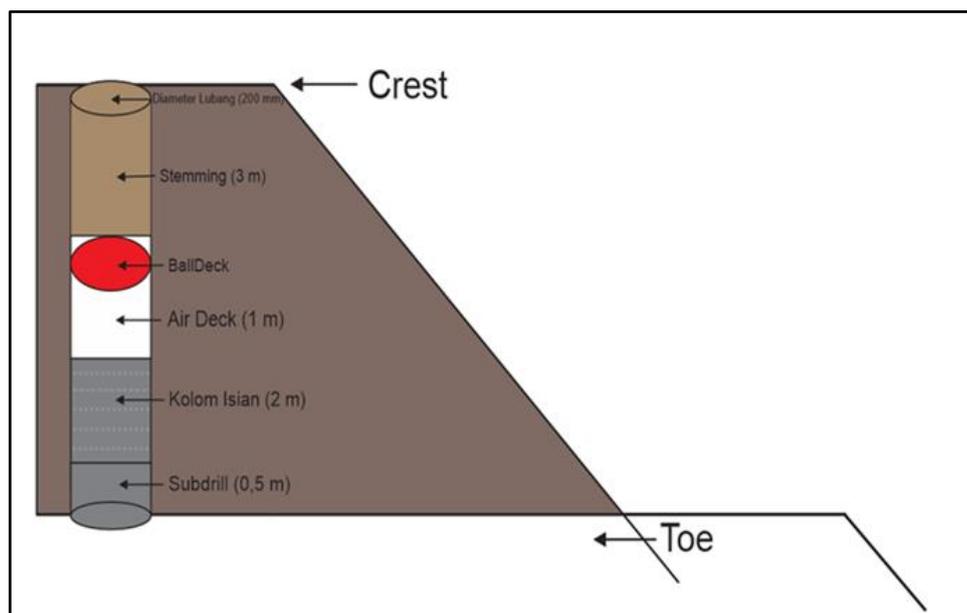
Geometri Peledakan

Geometri peledakan menyesuaikan dengan hasil identifikasi lapangan dan karakteristik material batuan yang ditemukan di lapangan. Selain itu, hal yang sangat penting lainnya dalam merencanakan kegiatan peledakan, yakni bahan peledak yang akan digunakan dengan memperhatikan nilai *powder factor* (PF) dan fragmentasi, kemudian geometri tersebut diaplikasikan secara aktual di lapangan. Pengukuran geometri aktual dilakukan selama 29 hari, kemudian dilakukan pengolahan data tersebut sehingga didapatkan rata-rata volume geometri peledakan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil rata-rata volume geometri peledakan

Diameter Lubang	<i>Burden</i>	Spasi	Tinggi Lubang	<i>Stemming</i>	<i>Subdrill</i>	<i>Powder Factor</i>
200 mm	8m	9 m	6 m	3 m	0,5 m	0,15

Tabel 1 di atas merupakan data geometri peledakan pada perusahaan yang diambil dalam waktu 29 hari mulai tanggal 9 Juni 2022 – 7 Juli 2022. Pengukuran geometri dilakukan di lapangan untuk mendapatkan geometri aktual dengan menggunakan rol meter yang dilakukan oleh kru pengeboran. Pada setiap lokasi memiliki geometri yang berbeda-beda, mulai dari kedalaman lubang yang berbeda-beda dalam satu lokasi, maupun kolom isian dan tinggi *stemming* yang berbeda dalam setiap lokasi per hari. Gambar 2 di bawah ini menunjukkan sketsa geometri peledakan yang menggunakan *balldeck*.



Gambar 2. Sketsa geometri peledakan menggunakan *balldeck*

Lubang ledak yang memiliki kedalaman kurang dari empat meter tidak menggunakan *balldeck* disebabkan lubang ledak yang panjangnya empat meter tidak sesuai jika digunakan *balldeck*. Ketidaksesuaian tersebut karena apabila menggunakan *balldeck* harus mempunyai ruang kosong di bawah *balldeck* tersebut maksimal satu meter, sehingga kolom isian pada lubang ledak tidak akan sesuai. Sedangkan lubang yang memiliki kedalaman lebih dari empat meter menggunakan *balldeck* karena posisi saat menggunakan *balldeck* itu perlu ada ruang kosong (*airdeck*) sekitar satu meter di atas isian pada lubang ledak. Ini disebabkan karena sifat dasar bahan peledak yang digunakan yaitu emulsi yang memerlukan waktu untuk mengembang. Dengan adanya *airdeck*, bahan peledak yang digunakan akan diberi ruang kosong untuk mengembang sesuai dengan sifat dasar emulsi yang memerlukan segitiga peledakan, yaitu api sebagai inisiasi, oksigen dari ruang kosong (*airdeck*), dan *fuel oil* sebagai bahan bakar yang telah tercampur saat pembuatan emulsi.

Pengukuran *Flyrock*

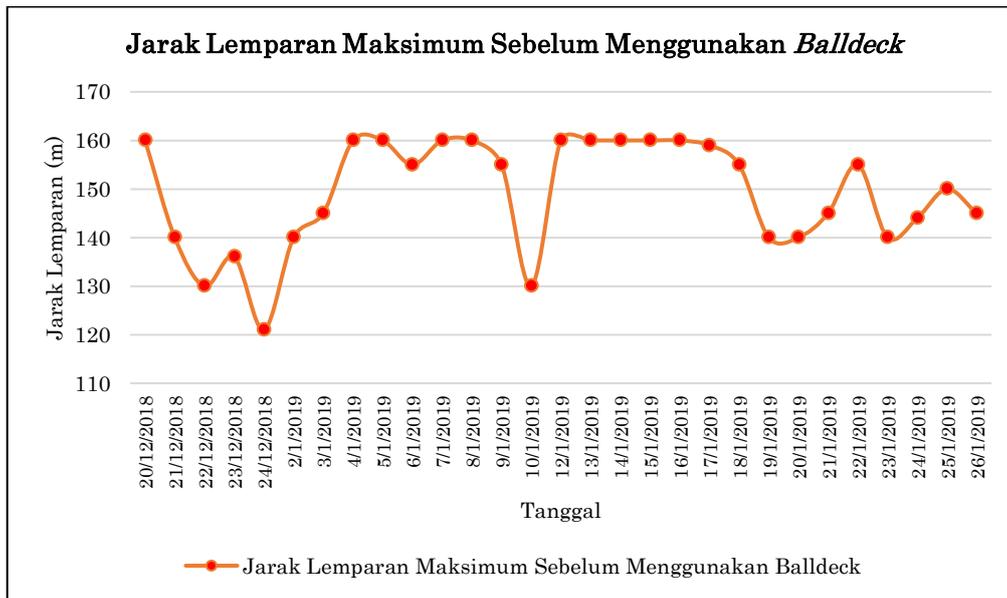
Lemparan maksimum *flyrock* pada Pit 7 diukur secara aktual yang tidak menggunakan *balldeck* dan Pit 9 yang menggunakan *balldeck* dilakukan pengukuran sebanyak 29 kali. Pengukuran tersebut menggunakan GPS dan terpal untuk menentukan lemparan maksimum *flyrock*. Berikut ini adalah lemparan maksimum *flyrock* secara aktual dan teoritis dari kegiatan peledakan.

a. Lemparan maksimum *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck*

Pada Tabel 2 menunjukkan rata-rata lemparan maksimum *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck* terdiri dari lokasi peledakan, bahan peledak yang digunakan, *powder factor* yang digunakan dalam sehari peledakan, jumlah lubang ledak, dan jarak lemparan maksimum *flyrock*. Jarak lemparan *flyrock* berbeda-beda dipengaruhi oleh jumlah *powder factor*, tinggi *stemming*, dan jumlah kolom isian pada lubang ledak yang digunakan pada saat kegiatan peledakan. Penentuan tinggi rendahnya PF berdasarkan dengan kekerasan material yang ada di lokasi. Sedangkan jumlah lubang ledak tidak mempengaruhi pada jarak lemparan *flyrock* tersebut. Grafik 1 menampilkan jarak lemparan maksimum sebelum menggunakan *balldeck* yang diukur pada bulan satu tahun 2019.

Tabel 2. Hasil rata-rata lemparan *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck*

Lokasi	Bahan Peledak	<i>Powder Factor</i>	<i>Balldeck</i>	Rata-rata Jarak Lemparan
Pit 7	Emulsi	0,19 kg/m ³	Tidak Ada	149,1 m



Grafik 1. Hasil lemparan sebelum menggunakan *balldeck*

Pada tabel dan grafik di atas merupakan hasil pengambilan data lemparan maksimum aktual *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck*. Berdasarkan data tersebut, penggunaan *powder factor* (PF) pada saat kegiatan peledakan masih dikatakan tinggi yang otomatis akan berpengaruh ke jumlah bahan peledak yang digunakan pada kegiatan peledakan. Selain itu rata-rata hasil lemparan maksimum *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck* yaitu 149,1 meter. Setelah *safety factor* (penentuan radius aman) digunakan, yaitu hasil lemparan maksimum dikali dua mendapatkan nilai 298,28 meter, sehingga hampir mencapai nilai 300 meter yang kemudian menjadi standar untuk radius aman bagi alat mekanik sesuai pada SOP perusahaan (Pelaksanaan dan Pengamanan Peledakan Hal iii, Lampiran 167 mengenai radius aman peledakan).

b. Lemparan maksimum *flyrock* setelah menggunakan *balldeck*

Pada Tabel 3 menunjukkan lemparan maksimum *flyrock* dengan menggunakan *balldeck*, data tersebut hampir sama dengan Tabel 2 yang membedakan hanya di penggunaan *balldeck*. Pada Tabel 3, peledakan menggunakan *balldeck* dilakukan agar mengoptimalkan kolom isian pada saat peledakan sehingga batuan dapat dihancurkan dengan energi ledakan sekitar 3000 kPa. Sedangkan apabila tidak menggunakan *balldeck*, energi dari bahan peledak dapat mengeluarkan energi sekitar 5000 kPa, hal ini tentu akan berlebihan. Selain itu, isian dikurangi pada saat penggunaan *balldeck*, adanya *balldeck* diasumsikan bahwa energi yang dihasilkan tidak berlebihan karena apabila energi ledak berlebihan maka akan menimbulkan getaran yang tinggi dan juga dapat menimbulkan *flyrock* yang lebih jauh.

Tabel 3 menunjukkan lemparan maksimum *flyrock* setelah menggunakan *balldeck* dengan menunjukkan pula nilai *powder factor*, jumlah lubang ledak, dan jarak lemparan *flyrock* yang berbeda-beda dalam tiap harinya. Jumlah *powder factor* di tabel lemparan

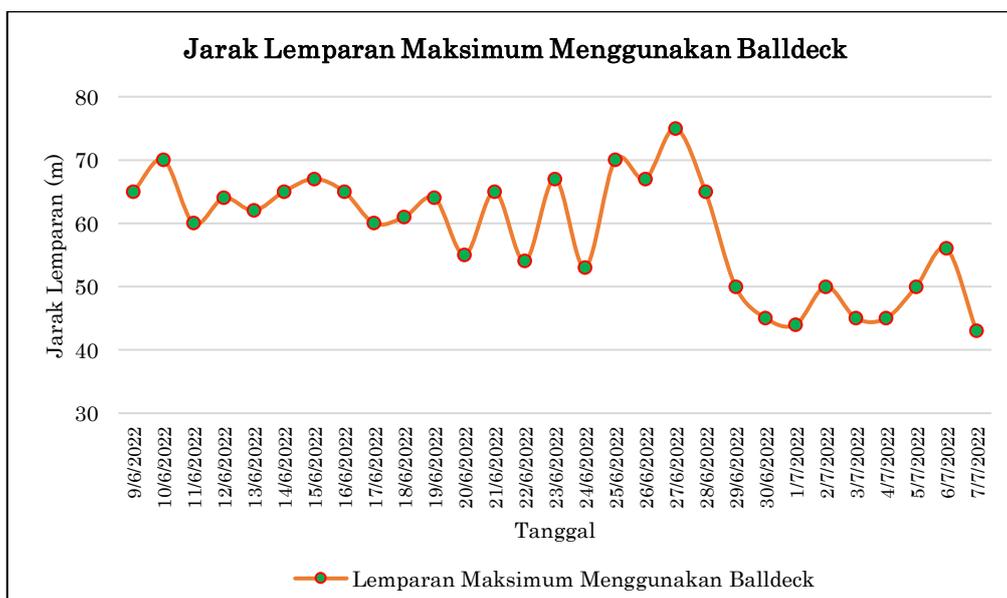
maksimum *flyrock* setelah menggunakan *balldeck* (Tabel 3) lebih rendah dibandingkan Tabel 2 disebabkan penggunaan kolom isian dioptimalkan setelah menggunakan *balldeck* dan juga jenis material di Pit 9 dominan *claystone*, semakin keras material yang ada di lokasi, maka akan tinggi juga penggunaan *powder factor*-nya. Jadi dengan demikian, *powder factor* dan penggunaan bahan peledak dapat berkurang dan dioptimalkan sehingga memperoleh rata-rata *powder factor* yang digunakan yakni $0,15 \text{ kg/m}^3$. Untuk rata-rata data lemparan maksimum *flyrock* sebelum menggunakan *balldeck* ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil rata-rata lemparan *flyrock* setelah menggunakan *balldeck*

Lokasi	Bahan Peledak	Powder Factor	<i>Balldeck</i>	Rata-rata Jarak Lemparan
Pit 9	Emulsi	$0,15 \text{ kg/m}^3$	Ya	58,7 m



Gambar 3. *Balldeck* yang digunakan di lokasi penelitian



Grafik 2. Hasil rata-rata lemparan menggunakan *balldeck*

Pada tabel dan grafik di atas merupakan hasil pengambilan data lemparan maksimum aktual *flyrock* setelah menggunakan *balldeck* yang dapat dilihat perbedaannya pada Tabel 3 dengan Tabel 2 yaitu penggunaan *powder factor* menjadi berkurang pada saat kegiatan peledakan sehingga dapat mengoptimalkan jumlah yang tinggi dari kolom isian bahan peledak. Selain itu perbedaannya juga terdapat di radius lemparan maksimum *flyrock*, pada saat menggunakan *balldeck* jarak lemparan terjauh berkurang disebabkan *balldeck* ini dapat meredam energi ledakan yang mengarah ke atas jadi ledakannya tidak dominan ke atas tapi energi ledakannya menjadi menyebar ke samping dan dapat mengurangi *flyrock* pada saat kegiatan peledakan. Jadi dengan adanya penggunaan *balldeck* pada saat kegiatan peledakan dapat mengurangi cost dari penggunaan bahan peledak dan juga dapat meminimalisir adanya *flyrock*.

c. Lemparan maksimum *flyrock* menggunakan teori Richard and Moore

Menurut pengujian Richard and Moore (2005) dalam Syeban dan Syafrianto, 2019, faktor utama yang memengaruhi terjadinya *flyrock* pada kegiatan peledakan yaitu:

1. *Face Burst*, ini terjadi saat jarak *burden* pada baris depan peledakan di lapangan yang terkadang terlalu dekat sehingga dapat menyebabkan potensi *flyrock*. Berikut persamaan yang digunakan:

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{B} \right)^{2,6} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- L = Lemparan Maksimal (m)
- K = Konstanta untuk over burden batu bara
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
- m = Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)
- B = Burden awal (m)

2. *Cratering*, ini terjadi saat tinggi *stemming* yang terlalu pendek serta terdapat bidang lemah pada lubang ledak. Berdasarkan kondisi tersebut maka *flyrock* dapat terlempar ke segala arah dari lubang ledak yang diinisiasi. Berikut persamaan yang digunakan :

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2,6} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- L = Lemparan Maksimal (m)
- K = Konstanta untuk over burden batu bara
- g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)
- m = Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)
- SH = *Stemming* Height

Tabel 4 merupakan hasil perhitungan lemparan prediksi *flyrock* menggunakan *balldeck* berdasarkan teori Richard and Moore, dimana sebelum mendapatkan nilai hasil dari *Face Burst* dan *Cratering* maka perlu dihitung nilai konstanta OB batu bara. Setelah mendapatkan nilai masing-masing dari konstanta OB batu bara baru dilanjutkan mencari nilai *Face Burst* dan *Cratering*. Nilai rata-rata *Face Burst* yang didapatkan adalah 80,43 m sedangkan nilai rata-rata *Cratering* yang didapatkan adalah 59,54 m.

Tabel 4. Hasil rata-rata lemparan *flyrock* secara teoritis setelah menggunakan *balldeck*

Lokasi	Konstanta OB	Lt (<i>Face Burst</i>)	Lt (<i>Cratering</i>)	Jarak Lemparan
Pit 9	8,82 m	80,43 m	59,54	58,69 m

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tersebut, maka kesimpulan diperoleh, yakni:

1. Geometri peledakan pada lokasi penelitian didapatkan nilai rata-rata kedalaman lubang ledak enam meter, rata-rata panjang kolom isian per meter 1,8 meter, rata-rata tinggi *stemming* tiga meter, *sub drilling* 0,5 meter, dan rata-rata volume geometri 46.231,94 BCM.
2. Hasil pengamatan dari 29 kali peledakan didapatkan lemparan maksimum aktual sebelum menggunakan *balldeck* yaitu 149,1 meter sedangkan hasil lemparan maksimum aktual setelah menggunakan *balldeck* selama 29 hari yaitu 58,7 meter, maka dengan penggunaan *balldeck* dapat mengurangi jarak lemparan maksimum sekitar 90,4 meter dan faktor yang meminimalisir *flyrock* yaitu kedalaman lubang tidak dangkal, kolom *stemming* tidak pendek, dan penggunaan *balldeck*.
3. Prediksi jarak lemparan maksimum yang menggunakan *balldeck* dengan menggunakan teori Richard and Moore, yakni *face burst* 80,43 meter dan *cratering* 59,54 meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada PT Alamjaya Bara Pratama di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur dan Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia di Makassar, Sulawesi Selatan atas dukungan dan partisipasinya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, H., Saptono, S. dan Wiyono, B., 2015. Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan Overburden Penambangan Batubara. In Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-8 Academia-Industry Linkage (pp. 15-16).
- Arbi, M., 2019. Overburden, P., Alamjaya Bara Pratama, P.T. and Site, E. 'Kajian Pengurangan Jarak Aman Unit Akibat *Flyrock* Pada Kegiatan Peledakan Overburden PT. Alamjaya Bara Pratama Energy Site Jembayan'.
- Armansyah, M., Hak, A. dan Asyik, M., 2014. Modifikasi Geometri Peledakan Dalam Upaya Mencapai Target Produksi 80.000 Ton/Bulan dan Mendapatkan Fragmentasi yang Diinginkan Pada Tambang Granit PT Kawasan Dinamika Harmonitama Kabupaten Karimun Kepulauan Riau. Jurnal. Palembang: UNSRI.
- Badan Standarisasi Nasional, 2010. SNI 7571:2010 Baku Tingkat Getaran pada Kegiatan Tambang Terbuka terhadap Bangunan. Jakarta. Badan Standarisasi Nasional.
- Harukadol, T. dan Kopa, R., 2021. Evaluasi rancangan geometri peledakan untuk mengoptimalkan hasil peledakan pada penambangan batu andesit di PT. Bintang Sumatera Pacific pangkalan koto baru kabupaten 50 kota provinsi sumatera barat. Bina Tambang, 6(1), pp.24-36.
- Hidayatullah, R., 2019. Teknik Peledakan. Poliban Press.
- Imkotta, R.T.L., 2015. Aplikasi Perhitungan Peak Particle Velocity Akibat Peledakan Di Low Wall Penambangan Batubara Pit Tutupan PT Adaro Indonesia Berbasis Web (Doctorial Dissertation, UPN "Veteran"Yogyakarta).
- Mudric, W.A. 2022. Analisis Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Pada Pembongkaran Overburden Tambang Batubara PT Cipta Kridatama Site MHU, Kalimantan imur (Doctoral Dissertation, Upn "Veteran" Yogyakarta).
- Nubatonis, J. dan Rande, S.A., 2020. Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimal Guna Meningkatkan Dingging Time Alat Hydraulic Loading Excavator Komatsu PC 2000 Di Lokasi Muara Tiga Besar Utara. Mining Insight, 1(02), pp.253-262.
- Putri, H.A., Yuliadi, Y. dan Marmer, D., 2017. Analisis Arah dan Jarak Lemparan Fly Rock Akibat Kegiatan Peledakan di PT Dahana Jobsite PT Adaro Indonesia, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Prosiding Teknik Pertambangan, pp.610-618.
- Rizani, A., Kartini, K. dan Umar, K., 2020. Observasi Hasil Peledakan Menggunakan Metode Peledakan Nonel Dan Electronic Detonator. Jurnal Geosapta Vol, 6(2), P.117.
- Susanti, R, Cahyadi., 2011 'Kajian Teknis Operasi Peledakan Untuk Meningkatkan Nilai Perolehan Hasil Peledakan di Tambang Batubara Kab. Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur'. Seminar Nasional Kebumihan, pp. 69-76. Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran Jogjakarta.

- Suwandi, A., 2009. Diktat Kursus Juru Ledak XIV pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Syeban, N. dan Syafrianto, M.K., 2019. Kajian Batu Terbang (*Fly Rock*) Untuk Mengurangi Radius Aman Pada Peledakan Penambangan Granodiorit PT Total Optima Prakarsa Peniraman Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(3).
- Wahyuni, S., Jafar, N., Anwar, H., and Munir, A.S., 2021. Analisis Kestabilan Lereng Disposol IPD PQRT Pit West Menggunakan Metode Bishop PT Buma Job Site Lati Kabupaten Berau Kalimantan Timur. *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), pp.1-6.
- Yudha N.F., Sudarmono, D., dan Mukiat, M. 2014. Kajian Teknis Pemakaian Emulsion Sebagai Pengganti Anfo Pada Peledakan Lapisan Tanah Penutup Terhadap Produktivitas Hitachi Ex-2600 PT Kideco Jaya Agung.