



ANALISIS FRAGMENTASI BATUAN HASIL PELEDAKAN MENGGUNAKAN METODE FOTOGRAMETRI

ROCK FRAGMENTATION ANALYSIS OF BLASTING RESULTS USING PHOTOGRAMMETRIC METHOD

**Denny Lumban Raja¹, Suparno¹, Dadan Wildan¹, Nadya Finlandini¹,
Fidela Rikmayanthi K¹, Al-Vina Panggestuty¹, Ahmad Mustofa²**

¹ Program Studi Teknologi Geologi, Politeknik Energi dan Pertambangan Bandung

² PT Solusi Bangun Indonesia, Tbk

Korespondensi : denny.lumbanraja@esdm.go.id

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

Teknologi, UAV,
fotogrametri,
peledakan

Aktivitas pengupasan lapisan penutup (*overburden*) pada material keras dilakukan menggunakan proses peledakan. Peledakan merupakan proses pemberaian batuan dalam volume yang besar dengan menggunakan bahan peledak agar massa batuan mudah digali dan diangkut. Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan peledakan adalah geometri peledakan. Geometri peledakan akan memengaruhi ukuran fragmentasi dan keberhasilan peledakan. Fragmentasi adalah ukuran yang menunjukkan tiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi yang diharapkan oleh PT Solusi Bangun Indonesia (SBI) adalah kurang 1 meter agar sesuai dengan ukuran *bucket* dan *hooper* dari

mesin pengolahan. Adanya perkembangan teknologi fotogrametri seperti *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat menjadi solusi untuk mengukur fragmentasi batuan hasil peledakan dan jarak lontaran batuan hasil peledakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis jarak aktual lontaran *flying rock*, fragmentasi batuan hasil peledakan serta pemantauan lubang bor peledakan. Hasil pengolahan citra data udara menggunakan Software Agisoft Metashape, Trimble Business Center, dan ArcGIS memungkinkan analisis jarak lontaran *flying rock* hasil kegiatan peledakan, jarak titik lubang bor peledakan, serta tinggi lereng dengan akurasi masing-masing sebesar 0,3 meter dan ± 1 meter. Sementara itu, analisis fragmentasi batuan menggunakan *software* Wipfrag menunjukkan bahwa kegiatan peledakan berjalan sesuai dengan rencana. Hal tersebut telah mendekati *blasting design* yang diberikan oleh PT Solusi Bangun Indonesia.

Keywords:

Technology, UAV,
photogrammetri, blasting

The activity of stripping overburden in hard materials is carried out using a blasting process. Blasting is the process of breaking rocks in large volumes using explosives so that the rock mass is easily excavated and transported. One of the factors that influence the success of blasting is the blasting geometry. Blasting geometry will affect the size of fragmentation and blasting success. Fragmentation is the size that shows each piece of blasted rock. The fragmentation size expected by PT Solusi Bangun Indonesia (SBI) is less than 1 meter to fit the bucket and hooper size of the processing machine. The development of photogrammetric technology such as Unmanned Aerial Vehicle (UAV) can be a solution to measure rock fragmentation from blasting and the distance of blasted rock. This study aims to analyze the distance of flying rock, rock fragmentation from blasting and monitor the blasting borehole. The processing of aerial image data using Agisoft Metashape, Trimble Business Center, and ArcGIS allows for the analysis of flying rock throw distance, borehole blast point distance, and slope height, with accuracy of 0.3 meters and ± 1 meter respectively. Meanwhile, the rock fragmentation analysis using Wipfrag software indicates that the blasting activities proceeded as planned.

1. PENDAHULUAN

Pengupasan lapisan penutup menggunakan alat mekanis hanya dilakukan pada material lunak sedangkan untuk material keras yang sudah tidak bisa dikupas dengan menggunakan alat maka harus dilakukan dengan proses peledakan. Peledakan merupakan proses pemberaian batuan dalam

volume yang besar dengan menggunakan bahan peledak agar massa batuan mudah digali dan diangkut (Kramadirata, 2004). Salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan peledakan adalah geometri peledakan. Geometri peledakan akan mempengaruhi ukuran fragmentasi dan keberhasilan peledakan. Fragmentasi adalah

ukuran yang menunjukkan tiap bongkah batuan hasil peledakan. Fragmentasi material hasil peledakan harus disesuaikan dengan ukuran *bucket* alat gali yang digunakan oleh Perusahaan sehingga *digging time* material bisa sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan.

Daerah penelitian termasuk kedalam IUP (Izin Usaha Pertambangan) PT Solusi Bangun Indonesia (SBI), Bogor, Jawa Barat dimana perusahaan ini adalah produsen pabrik semen. Saat ini PT SBI mengoperasikan jaringan penyedia bahan bangunan yang mencakup distributor khusus, toko bangunan, dan ahli bangunan binaan perusahaan serta solusi-solusi bernilai tambah lainnya. Pada PT SBI kondisi aktual, hasil peledakan yang digali memiliki ukuran fragmentasi material yang tidak merata, sehingga menyebabkan tingginya waktu gali. Ukuran fragmentasi yang diharapkan oleh PT Solusi Bangun Indonesia (PT SBI) adalah kurang 1 meter agar sesuai dengan ukuran *bucket* dan *hooper* dari mesin pengolahan. Oleh karena itu perlu diketahui kondisi fragmentasi aktual pada tiap tumpukan penggalian apakah telah sesuai dengan standar perusahaan atau belum. Kondisi saat ini, PT Solusi Bangun Indonesia dalam melakukan kegiatan peledakan masih dilakukan secara manual di lapangan seperti mengukur fragmentasi batuan hasil peledakan dan jarak lontaran batuan hasil peledakan.

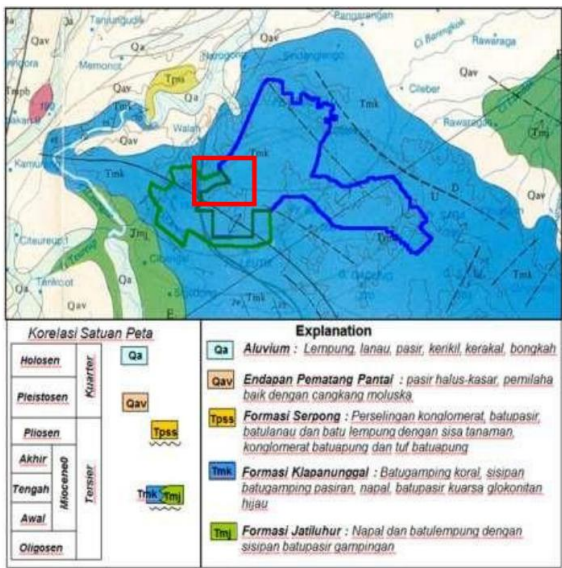
Analisis *flying rock* telah banyak dilakukan untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja dan kerusakan alat mekanik (Ningsih, 2024; al Zhahra, 2022). Penelitian bertujuan untuk

menganalisis jarak lontaran *flying rock*, fragmentasi batuan hasil peledakan serta pemantauan jarak lubang bor peledakan. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi solusi terkini untuk dunia pertambangan khususnya pada bidang peledakan.

Geologi Regional

Secara fisiografi daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Bogor yang membentang dari Rangkasbitung, Bogor, Purwakarta, Subang, Kuningan, dan Majalengka yang dicirikan oleh adanya antiklinorium yang berarah barat - timur.

Batuan-batuan yang menyusun daerah penelitian merupakan bagian dari Formasi Klappanunggal (Gambar 1). Wilayah ini secara jenis litologi terdapat batuan sedimen yaitu batu gamping, batu pasir, napal dan batu lempung. Batugamping dan batupasir tersebut berada pada Formasi Klapanunggal. Sedangkan batulempung dan napal berada pada Formasi Jatiluhur.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peledakan

Peledakan merupakan salah satu tahapan kegiatan penambangan berupa aktivitas pemecahan material (batuan) dengan menggunakan bahan peledak (Kramadirata, 2004). Untuk melakukan perhitungan terhadap fragmentasi yang dihasilkan dari kegiatan peledakan, fragmentasi yang kurang ideal dapat mempengaruhi produktifitas dari alat gali muat sehingga produksi kurang optimum. Dalam perhitungan Fragmentasi peledakan terdapat unsur-unsurnya yaitu diameter lubang ledak, ketinggian jenjang, *burden*, *spacing*, *subdrilling*, *stemming* serta kedalaman lubang ledak.

2.2. Fragmentasi

Fragmentasi merupakan istilah umum untuk menunjukan ukuran pada bongkahan batuan hasil peledakan. Ukuran yang diinginkan umumnya merupakan ukuran rata-rata sesuai permintaan konsumen atau ukuran yang dapat mengoptimalkan proses pada tahap selanjutnya. Fragmentasi batuan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti sifat fisik batuan, geometri dan pola peledakan, jenis bahan peledak yang digunakan, serta waktu tunda (*delay time*) dalam peledakan (Whijaksono, 2017)

2.3. LiDAR

Menurut Sutanta (2002) bahwa LiDAR adalah metode pemetaan yang menggunakan teknologi canggih dengan sensor laser yang dipasang pada pesawat udara. Teknologi LiDAR yang menggunakan UAV (*Unmanned*

Aerial Vehicle) menawarkan keunggulan dari segi biaya dan waktu dibandingkan dengan teknologi LiDAR yang menggunakan pesawat. Hal ini disebabkan karena pengoperasian UAV tidak memerlukan izin terbang yang rumit, serta tidak membutuhkan landasan atau bahan bakar khusus seperti pesawat. Selain itu, penggunaan UAV juga meningkatkan keselamatan surveyor, karena interaksi langsung dengan objek yang diukur lebih minim, dan risiko kecelakaan pesawat yang dapat membahayakan keselamatan surveyor dapat dihindari. Penelitian mengenai pemanfaatan teknologi UAV seperti untuk menganalisis ketinggian model permukaan digital (Cahyono AB, 2017) dan pemanfaatannya di tambang bawah tanah (Parhusip A, 2021) serta analisis geometri peledakan (Suryadi, 2019) telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Penggunaan teknologi UAV juga digunakan untuk meningkatkan keselamatan dalam kegiatan peledakan (Pradhana, 2023). Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan kualitas data survei yang akurat, efisien dan aman.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, pertama adalah studi literatur mengenai pemetaan menggunakan pesawat tanpa awak (*drone*) dan analisis fragmentasi peledakan dilakukan sebagai persiapan melakukan penelitian.

Pengambilan data digunakan untuk pengambilan data primer dan dan sekunder.

Data primer adalah pengambilan data foto udara menggunakan Drone DJI Phantom 4 RTK dan Lidar (Gambar 2), pengambilan gambar visual batuan hasil peledakan, dan pengukuran besar batuan hasil peledakan. Sedangkan data sekunder didapat dari PT Solusi Bangun Indonesia yaitu peta lokasi peledakan dan monitoring hasil peledakan (*blasting design*).

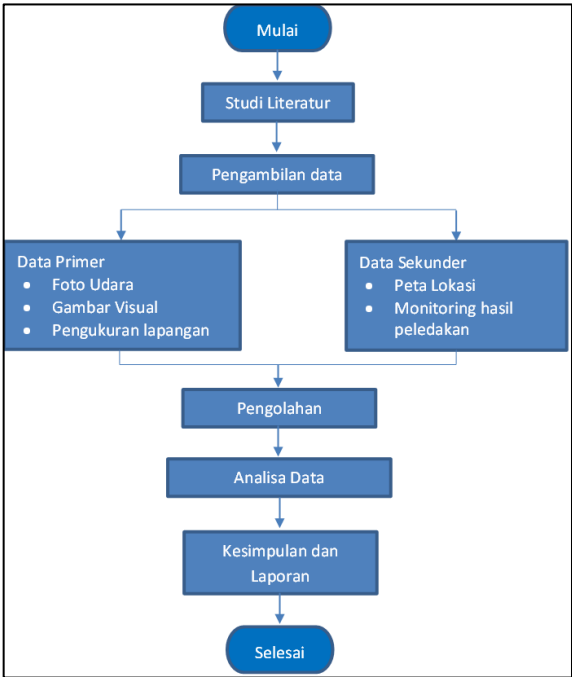


Gambar 2. Drone DJI Phantom 4 RTK Lidar

Selanjutnya data hasil pengamatan di lapangan diolah menjadi orthophoto menggunakan aplikasi Agisoft Metashape Profesional. *Software* Trimble Business Center digunakan untuk menjadikan foto udara dalam bentuk 3 Dimensi agar mempermudah dalam menganalisis ketinggian lereng. *Software* Wipfrag digunakan untuk menganalisis fragmen batuan berdasarkan gambar visual.

Analisis spasial menggunakan *Software* ArcGIS seperti melakukan digitasi luasan hasil peledakan, jarak lontaran terjauh, ketinggian lereng. Untuk menganalisis fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan

Software Wipfrag berdasarkan gambar visual dari kamera kemudian dibandingkan dengan analisis menggunakan foto udara.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

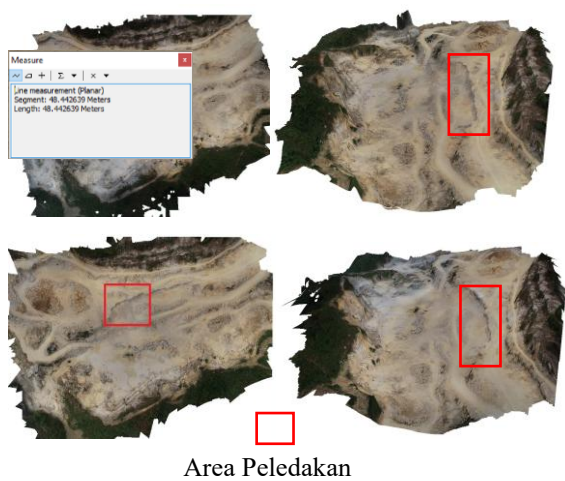
4.1 Analisis data foto udara

Kegiatan analisis fragmentasi batuan hasil peledakan aktual dilakukan di PT SBI menggunakan gambar visual kamera dan foto udara dengan drone DJI Phantom 4 RTK Lidar (Gambar 4).



Gambar 4. Pengambilan data foto udara

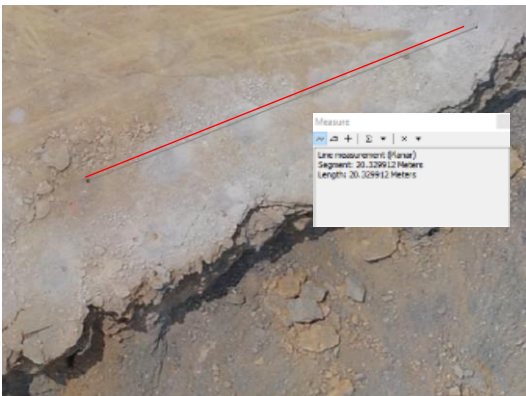
Perancangan area penerbangan (*area of interest*) drone dilakukan bekerjasama dengan PT SBI sesuai lokasi kegiatan peledakan. Pemilihan lokasi penerbangan yang tepat sangat penting mengingat prosedur peledakan yang dilakukan oleh PT SBI, bahaya yang disebabkan dari lontaran batuan hasil peledakan, dan keamanan pesawat awak dalam melakukan pengambilan gambar. Kegiatan penerbangan drone membutuhkan waktu sekitar 15 menit saat sebelum kegiatan peledakan dan sesudah kegiatan peledakan dilakukan. Setelah pengambilan data foto udara selanjutnya dengan menggunakan aplikasi Agisoft Metashape Professional dilakukan pengolahan foto udara menjadi orthophoto. Gambar 5 dibawah ini adalah orthophoto sebelum dan sesudah kegiatan peledakan di area penambangan PT Solusi Bangun Indonesia (SBI).



Gambar 5. Area penambangan PT SBI sebelum dan sesudah kegiatan peledakan

Melalui hasil pengolahan data foto udara dapat diketahui perubahan area penambangan secara visual 2 Dimensi dan 3 Dimensi. Untuk menganalisis fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan aplikasi *Software*

ArcGIS seperti mengetahui jarak lubang bor peledakan dan lebar dinding dari kegiatan peledakan. Berdasarkan hasil pengolahan dengan ArcGIS, diketahui jarak titik lubang bor peledakan dengan rata-rata 4.73 meter sedangkan lebar dinding sebesar 48.44 meter. Hal tersebut sudah mendekati dengan *blasting design* yang diberikan oleh PT Solusi Bangun Indonesia yaitu jarak lubang titik bor sebesar 5 meter (Gambar 6 dan Gambar 7).



Gambar 6. Pengukuran jarak lubang bor peledakan



Gambar 7. Pengukuran lebar dinding setelah peledakan

Hasil foto udara juga dapat dimanfaatkan dalam mendeteksi jarak lontaran batuan hasil kegiatan peledakan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 sebelah kiri, dengan bantuan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dideliniasi area hasil peledakan dan Gambar 8 sebelah kanan jarak lontaran.

Sehingga hasil foto udara ini dapat digunakan dalam mengevaluasi *flying rock* dan perencanaan kegiatan pengangkutan batuan (Suryadi, 2019).



Gambar 8. Analisis jarak *flying rock* dengan ArcGIS

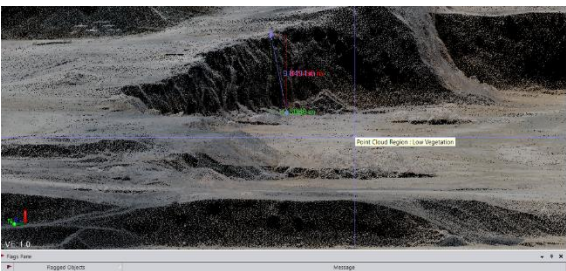
Selanjutnya dilakukan analisis fragmentasi bantuan hasil peledakan berdasarkan data foto udara. Dengan menggunakan aplikasi ArcGIS diukur besar batuan yang terbesar kemudian dibandingkan dengan pengamatan dilapangan (Gambar 9). Hasil menunjukkan terdapat perbedaan yang kecil jika dibandingkan dengan pengamatan langsung dilapangan, yaitu sekitar 0.03 meter.



Gambar 9. Pengamatan hasil foto udara (kiri) dan secara langsung (kanan)

Data Lidar digunakan untuk mendapatkan model permukaan digital di area pertambangan yang digambarkan dengan *Digital Terrain Model* (DTM). *Digital Terrain Model* (DTM) adalah deskripsi digital dari permukaan medan dari poin 3D. DTM dibentuk dari DSM sehingga nilai elevasi berada pada *bare-earth*. DTM secara singkat

merupakan DEM yang telah ditambah dengan unsur-unsur seperti *breaklines* dan pengamatan selain data asli (Sari, 2016). Melalui pengolahan data Lidar dapat digunakan untuk menganalisis ketinggian lereng area peledakan dan profil setelah kegiatan peledakan dengan menggunakan aplikasi Trimble Business Center (Gambar 10).



Gambar 10. Pengukuran ketinggian lapisan batuan dengan data Lidar.

Berdasarkan data *Blasting Design* dari PT Solusi Bangun Indonesia (Tabel 1), ketinggian lapisan batuan yang diledakkan (*bench height*) dari permukaan tanah adalah 10-11 meter, sedangkan hasil pengamatan drone menggunakan data Lidar adalah *Slope Distance* sebesar 9.39-14.15 meter dan *Vertical Distance* sebesar 8.84-12.15 meter (Gambar 10). Adapun *blasting design* pada kegiatan peledakan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 1. *Blasting Design* PT SBI

Diameter Lubang (inch)	Banyak Lubang	Geometri		Stemming (T)/m	Bench Height	Powder Factor Rata-rata (gram/ton)
		Burden (m)	Spacing (m)			
5	22	4	5	3	11	173.913

4.2. Analisis Fragmentasi Hasil Peledakan

Pada penelitian ini, analisis distribusi fragmentasi hasil peledakan menggunakan metode fotografi yang diambil dilapangan dengan bantuan software Wipfrag. Ketentuan agar gambar dapat dianalisis adalah gambar fragment batuan harus disertai satu atau dua pembanding yan telah diketahui dimensinya atau panjangnya. Pada penelitian ini, digunakan bola sebagai pembanding dengan diameter sebesar 20 cm dan meteran. Aplikasi Wipfrag akan memberikan hasil akhir berbentuk grafik dan tabel distribusi dari fragment yang sudah dianalisis. Langkah awal adalah pengambilan sample hasil peledakan dengan cara mengambil foto material peledakan yang dibandingkan dengan objek pembanding berupa bola dengan diameter 20 cm, seperti gambar dibawah ini.



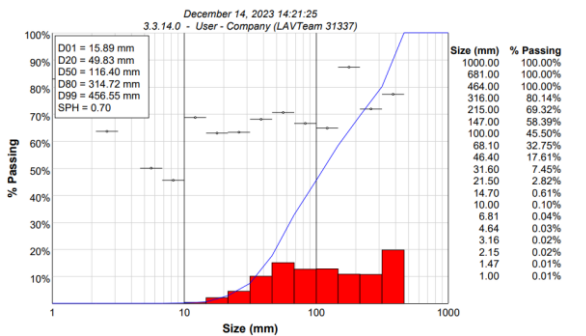
Gambar 11. Sample foto material hasil peledakan

Selanjutnya dengan menggunakan software Wipfrag dilakukan pemilihan sample gambar dan memasukkan ukuran objek

pembandingnya yang telah diketahui, dalam hal ini adalah bola dan meteran sebagai pembandingnya. Tahap berikutnya masuk kedalam *Edge Detection Parameter* (EDP) untuk mengidentifikasi partikel batuan hasil peledakan kemudian dilakukan perhitungan. Tahap ini penting untuk menentukan ukuran dan distribusi fragmentasi material yang dihasilkan oleh peledakan.

Proses identifikasi dapat dilakukan secara manual, otomatis atau keduanya. Tahap berikutnya dilakukan koreksi bentuk partikel asli batuan hasil peledakan, hal ini dilakukan karena software Wipfrag belum dapat mengidentifikasi secara tepat partikel batuan dalam gambar tersebut.

Tahap akhir adalah *Chart and Measure Size*, yang bertujuan untuk mengukur distribusi ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan citra yang telah melalui proses koreksi sebelumnya. Hasil analisis ukuran partikel disajikan dalam bentuk grafik atau diagram guna memudahkan interpretasi data (Gambar 12).



Gambar 12 Kurva hasil pengolahan data fragmentasi dengan software Wipfrag

Berdasarkan kurva hasil pengolahan data fragmentasi dengan menggunakan software Wipfrag (Gambar 12) dapat diketahui bahwa

fragmentasi batuan hasil peledakan telah sesuai target yang diharapkan perusahaan PT SBI yaitu ukuran kurang dari 100 mm atau 1 meter, dengan demikian operasi peledakan dapat dinyatakan telah berhasil sesuai yang direncanakan. *Software* WipFrag merupakan perangkat lunak yang mampu melakukan analisis fragmentasi batuan hasil peledakan secara efisien dan akurat. Efektivitas penggunaannya telah dibuktikan melalui penelitian sebelumnya (Nanda S, 2020).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan dan analisis yang telah dilakukan pada data foto udara dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Teknologi LiDAR dengan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dapat membantu dalam mengidentifikasi lontaran batuan/*flying rock* dengan bantuan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG).
2. Hasil foto udara dapat dimanfaatkan untuk menganalisis fragmentasi batuan hasil peledakan. Hal ini dimungkinkan karena foto udara memiliki akurasi hingga 1 cm, sehingga perbedaan antara hasil pengamatan melalui foto udara dan observasi langsung di lapangan tidak terlalu signifikan.
3. Jarak lubang bor dapat dideteksi dengan menggunakan foto udara. Hasil analisis menunjukkan terdapat selisih yang kecil yaitu 0.3 meter.
4. Berdasarkan hasil analisis fragmentasi batuan dengan menggunakan *Software* Wipfrag, kegiatan operasi peledakan

berjalan sesuai dengan target yang diharapkan yaitu ukuran batuan kurang dari 1 meter dengan ukuran 316 mm (persen passing 80%).

DAFTAR PUSTAKA

- al Zhahra, D., Wiyono, B., & Sudiyanto, A. (2022). Prediksi Jarak Lemparan Flyrock Dengan Metode Analisis Dimensi Serta Richard dan Moore Akibat Kegiatan Peledakan Pada Tambang Bijih Emas. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 4(2), 145–152. <https://doi.org/10.36986/impj.v4i2.74>
- Cahyono, A. B., & Duantari, N. (2017). *Analisis Ketinggian Model Permukaan Digital Pada Data Lidar (Light Detection and Ranging) (Studi Kasus: Sei Mangkei, Sumatera Utara)* (Vol. 12, Issue 2).
- Kramadirata, S. (2004). Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian. Bandung. DESDM. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara.
- Nanda, S. 2020. Analysis of Blast Fragmentation Using Wipfrag. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(6):1561-1566.
- Ningsih, S. A., Wijaya, D. A. K., & Indrajaya, F. (2024). Analisis jarak lemparan. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan*, 8(1), 51–59.
- Pradhana, S. A., Saptono, S., Linggasari, S., Jagad, S., Studi, P., Pertambangan, T., Pertambangan, J. T., Veteran, U. ", & Yogyakarta,". (2023). Penggunaan Teknologi Drone untuk Meningkatkan Safety dan

Analisa pada Kegiatan Peledakan. In *Jurnal Teknologi Mineral* (Vol. 9).

Parhusip, A., Hutaaruk, B., Meigy, E., & Widodo, A. M. (2021). *Penggunaan Drone Dengan Teknologi Lidar Di Tambang Bawah Tanah Pt Freeport Indonesia*. Prosiding TPT XXX dan Kongres XI Perhapi 2021

Sari, D. R. (2016). Analisa Geometrik True Orthophoto data LiDAR. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Suryadi, RaimonKopa. (2019) Analisis Geometri Peledakan untuk Meminimalisir Jarak Lemparan Batuan (Flyrock) pada Peledakan Tambang Terbuka PT Ansar Terang Crushindo II Pangkalan Sumatera Barat Dengan Visualisasi menggunakan Drone DJI Phantom 4. *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 4, No. 3.

Sutanta, H. (2002). Penggunaan Airbone Laser Scanning (ALS) untuk Pengadaan DTM Berketelitian Tinggi. Makalah Ikatan Surveyor Indonesia. Jakarta

Whijaksono, Bobby. (2017). Perancangan Geometri dan Pola Peledakan Untuk Mendapatkan Hasil Fragmentasi Optimum pada Quarry Bukit Karang Putih PT Semen Padang Sumatera Barat. Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.