

DESAIN ULANG GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK MEMENUHI TARGET PRODUKSI, FRAGMENTASI, SERTA PREDIKSI GETARAN DAN FLYROCK MENGGUNAKAN SOFTWARE DI PT PEBANA ADI SARANA

REDESIGN OF BLASTING GEOMETRY TO ACHIEVE PRODUCTION TARGETS, OPTIMIZE FRAGMENTATION, AND PREDICT VIBRATION AND ALSO FLYROCK USING SOFTWARE AT PT PEBANA ADI SARANA

Anindya Triana Salsabila Surya¹, Alio Jasipto¹, M. Akbari Danasla¹

1. Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

Email: anindyatriana09@gmail.com

ABSTRAK

PT Pebana Adi Sarana merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di penambangan batu andesit dengan sistem penambangan quarry dengan menerapkan metode drilling and blasting. Ketidaktercapaian produksi sering terjadi, pengamatan dilapangan menunjukkan faktor yang paling mempengaruhi adalah tidak tercapainya fragmentasi hasil peledakan yaitu ukuran batuan yang dihasilkan adalah *boulder* (>30 cm) serta jumlahnya yang melebihi 30%. Tidak hanya itu getaran peledakan haruslah sesuai dengan tingkat baku mutunya yang diatur dalam PERMEN ESDM 7571:2010 sesuai SNI7571:2010. Serta jarak aman terhadap *flyrock* yang diatur dalam KEPMEN 1827K 30 MEM hal 79. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dan verifikatif. Pengumpulan data secara kuantitatif dilakukan yang kemudian akan diolah secara empirik dan numerik menggunakan *software* sehingga mendapatkan hasil untuk dianalisis. Beberapa hasil pengolahan data secara kuantitatif akan diverifikasi sesuai dengan peraturan pemerintah yang telah berlaku. Berdasarkan ketercapaian volume produksi dan *powder factor* (PF) yang paling efektif adalah metode *ICI-Explosive* dengan ketercapaian volume 632 m³ dan PF 0.55. Untuk perkiraan fragmentasi terbaik berdasarkan desain ulang geometri diperoleh R.L.Ash 80.94% dan *ICI-Explosive* 73.47%. Selanjutnya didapat perkiraan getaran tanah (PPV) menggunakan *software* yaitu R.L.Ash 2.06 mm/s dan *ICI-Explosive* 2.12 mm/s pada jarak 300 meter, serta perkiraan jarak *flyrock* menggunakan *software* didapatkan jarak terjauh untuk metode R.L. Ash 115 meter dan *ICI-Explosive* sebesar 125 meter. Hasil perkiraan getaran tanah dan PPV tersebut telah diverifikasi dan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Kata kunci: *Flyrock*, Fragmentasi, Peledakan, Geometri, Getaran Tanah (PPV).

DOI: 10.15408/jipl.v4i2.44502

ABSTRACT

PT Pebana Adi Sarana is one of the companies engaged in andesite mining using a quarry mining system by applying drilling and blasting methods. Production shortfalls often occur due to several factors. Based on field observations, the most influential factor is the failure to achieve fragmentation of the blasting results, namely the resulting rock size is *boulder* (>30 cm) and the number exceeds 30%. Not only that, the blasting vibration must be in accordance with the quality standard regulated in PERMEN ESDM 7571:2010 according to SNI7571:2010. As well as the safe distance to *flyrock* regulated in KEPMEN 1827K 30 MEM page 79. In this study, the methods used are quantitative and verificative methods. Quantitative data collection is carried out which will then be processed empirically and numerically using *software* to obtain results for analysis. Several results of quantitative data processing will be verified in accordance with applicable government regulations. Based on the achievement of production volume and the most effective powder factor (PF) is the *ICI-Explosive* method with a volume achievement of 632 m³ and a PF of 0.55. For the best fragmentation estimation based on geometry redesign, R.L.Ash obtained 80.94% and *ICI-Explosive* 73.47%. Based on the redesigned blasting geometry, the estimated PPV using *software* was 2.06 mm/s (R.L. Ash) and 2.12 mm/s (*ICI-Explosive*) at 300 meters. The estimated *flyrock* throw distance was 115 meters (R.L. Ash) and 125 meters (*ICI-Explosive*). These PPV and *flyrock* estimates have been verified and comply with applicable regulations.

Keywords: *Blasting, Flyrock, Fragmentation, Geometry, Ground Vibration (PPV).*

PENDAHULUAN

PT Pebana Adi Sarana merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan. Perusahaan ini berlokasi di Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima puluh Kota, Sumatera Barat. PT Pebana Adi Sarana yang sering disebut sebagai site sopang ini memiliki luasan IUP sebesar 54,74 Ha dengan komoditas tambang adalah batuan andesit. Sistem penambangan yang digunakan yaitu quarry dengan menerapkan metode drilling and blasting.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, terjadi permasalahan yang dihadapi PT Pebana Adi Sarana yaitu tidak tercapainya produksi. Tidak tercapainya produksi dibuktikan oleh data timbangan yang didapatkan selama 30 hari dalam 5 bulan terakhir. Ditemukan bahwa dari lima bulan hanya satu bulan yang mencapai target produksi yaitu sebesar 17,000 ton/bulan. Ketidaktercapaian ini disebabkan oleh beberapa hal seperti hasil fragmentasi peledakan yang kurang baik, pengolahan dan pencucian bahan galian yang belum maksimal, lebar dan grade jalan yang kurang sesuai untuk produksi yang aman.

Permasalahan yang telah dihadapi tersebut telah banyak dilakukan diperbaiki baik dari perusahaan maupun melalui penelitian terdahulu. Salah satunya adalah ketidaktercapaiannya fragmentasi peledakan. Berdasarkan penelitian oleh Adam. R, dkk tahun 2021 bahwa fragmentasi yang baik bersifat tidak terlalu halus atau kasar, melainkan optimal sesuai alat yang beroperasi. Tidak hanya itu getaran peledakan haruslah sesuai dengan tingkat baku mutunya yang diatur dalam PERMEN ESDM 7571:2010 sesuai SNI7571:2010 bahwa bangunan kelas 2 nilai getaran maksimum yaitu 3 mm/s. Serta jarak aman terhadap flyrock yaitu 300m dari unit dan 500 m dari manusia, ini diatur dalam KEPMEN 1827K 30 MEM hal 79. Dengan ini, perlu dilakukan studi terhadap kegiatan pengeboran dan geometri peledakan agar mendapatkan hasil fragmentasi dan tidak menimbulkan efek peledakan lainnya.

Permasalahan distribusi fragmentasi terjadi jika ukuran batuan yang dihasilkan adalah boulder (>30 cm) serta jumlah yang di harapkan tidak melebihi 30%. Namun, hasil peledakan yang didapatkan sering kali mendapatkan boulder dengan jumlah yang cukup besar yaitu berkisar 40% - 60%. Besarnya fragmentasi ini yang akan membuat sulitnya pengangkutan batuan. Batuan berukuran bongkah harus dipindahkan dan dipecahkan rock breaker sebelum diangkut menuju crusher (Prabowo et al, 2023). Selain itu flyrock dan getaran tanah (PPV) juga mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar. Hal ini disebabkan oleh jarak pemukiman yang cukup dekat dengan daerah penambangan. Oleh karena itu perlu dilakukannya perkiraan PPV dan juga jarak aman flyrock agar sesuai dengan peraturan pemerintah (Syeban et al, 2019).

METODE

Penelitian dilaksanakan di PT Pebana Adi Sarana yang berada di Jalan Sumbar-Riau, Nagari Manggilang, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat dengan luas area 54,74 Ha. Metode penelitian yang digunakan penulis merupakan metode kuantitatif dan verifikatif. Pengumpulan data secara kuantitatif yaitu melibatkan pengumpulan data dalam bentuk angka atau numerik. Data ini kemudian akan diolah secara empirik dan analitik sehingga mendapatkan hasil untuk dianalisis. Beberapa hasil pengolahan data secara kuantitatif yaitu *flyrock* dan *ground vibration* (PPV) diverifikasi sesuai dengan peraturan pemerintah yang telah berlaku. Setelah dilakukannya analisis dan verifikasi tersebut dapat ditarik kesimpulan yang lebih objektif. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.

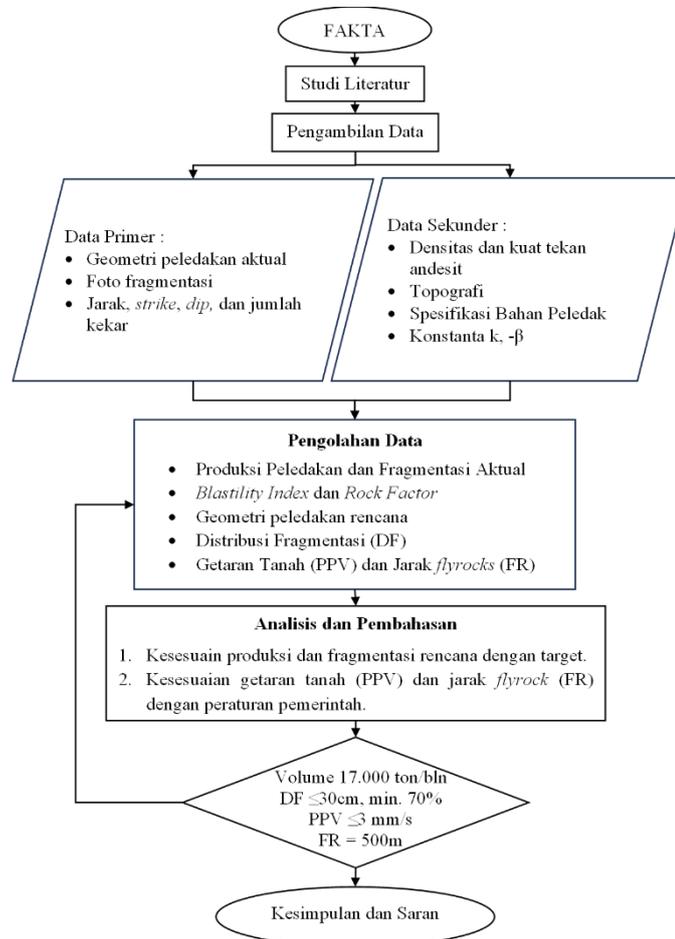
HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Ulang Geometri

Desain geometri perlu dilakukan perencanaan yang matang karna sangatlah krusial. Desain yang tepat akan menghasilkan hasil peledakan optimal, efisien dan aman. Hasil geometri peledakan akan sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu peledakan baik dari produksi, frgamentasi, serta dampak seperti *ground vibration* dan *flyrock* (Sulistiyono, 2022). Pada penelitian ini akan membandingkan

desain geometri peledakan aktual dilapangan dengan beberapa desain geometri menggunakan persamaan empirik *R.L. Ash* dan *ICI Explosive*, yang kemudian geometri yang didapatkan akan diinputkan ke dalam software untuk mendapatkan hasil numerik.

Desain ulang geometri peledakan akan dilakukan menggunakan rumusan empirik dan secara numerik menggunakan software. Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan pengolahan untuk mendapatkan desain geometri. Hasil Perhitungan desain ulang geometri dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

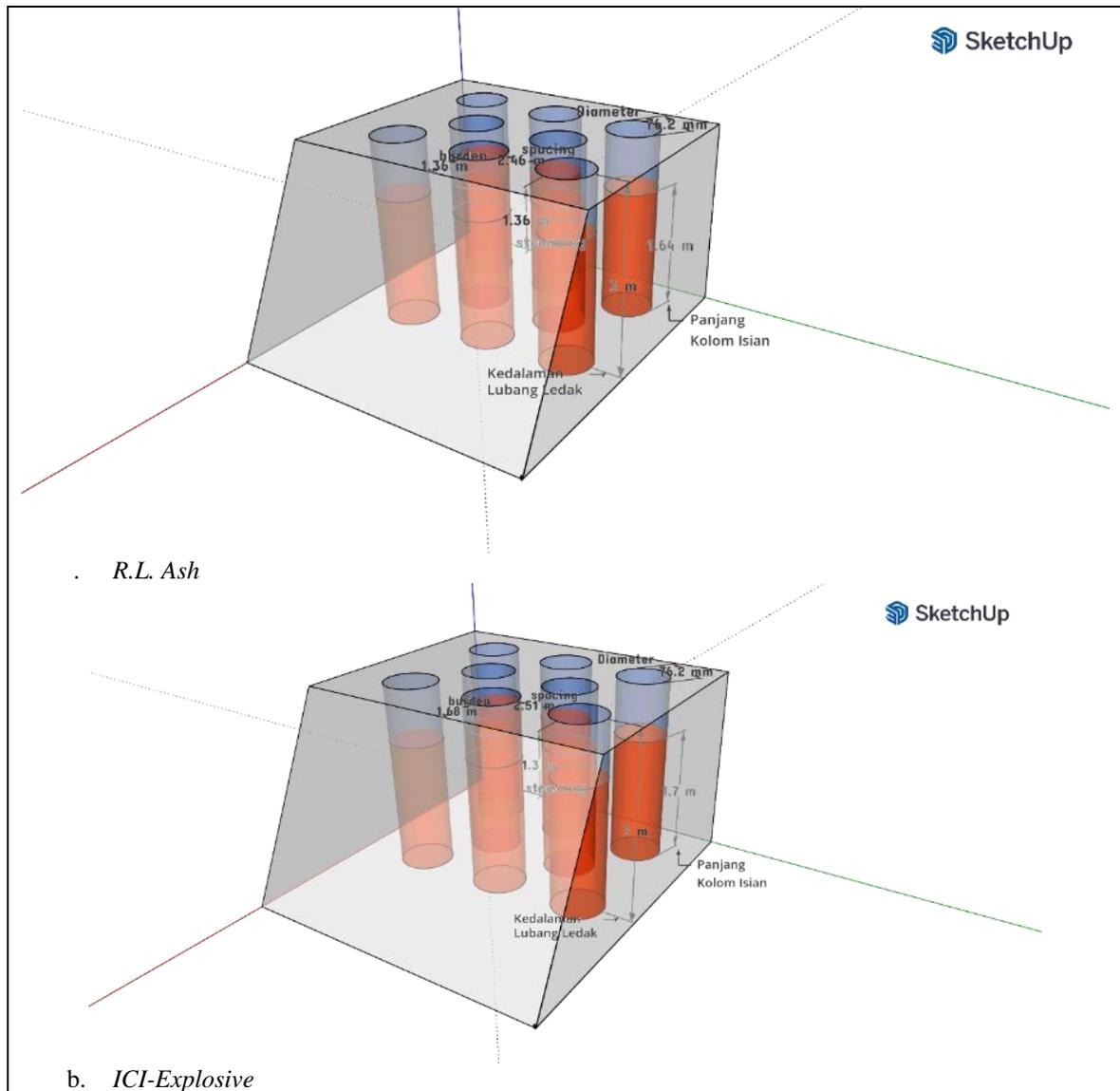
Tabel 1. Hasil Perhitungan Desain Ulang Geometri

Parameter	R.L. Ash	ICI-Explosive	Satuan
<i>Burden</i>	1.36	1.68	m
<i>Spacing</i>	2.46	2.51	m
Kedalaman Lubang	3.00	3.00	m
<i>Stemming</i>	1.36	1.30	m
Panjang Kolom Isian	1.64	1.70	m
<i>Subdrilling</i>	0.00	0.00	m
Tinggi Jenjang	3.00	3.00	m
Loading density	4.08	4.08	Kg/m

Berdasarkan hasil perhitungan, pola pengeboran yang paling efektif adalah pola persegi panjang selang seling (*rectangular staggered pattern*). Pada pola ini, lubang bor pada baris berikutnya berada tepat di tengah-tengah jarak antara dua lubang bor pada baris sebelumnya. Jarak terjauh antara dua lubang bor dalam satu baris tidak boleh lebih dari dua kali jarak antara baris (Apriani, et al, 2019). Pola pemboran *staggered* ini dilakukan untuk menghasilkan tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan yang baik,

karena energi peledakan yang dihasilkan dari pola ini mempunyai jangkauan yang lebih optimal dibandingkan dengan pola pemboran sejajar (Triyanto & Panjaitan, 2022).

Dari desain geometri tersebut, parameter yang didapat diinputkan ke dalam software sehingga dapat dilihat penggambaran geometri peledakan dan akan dilakukan juga pengolahan secara numerik. Penggambaran geometri dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Penggambaran Geometri Peledakan

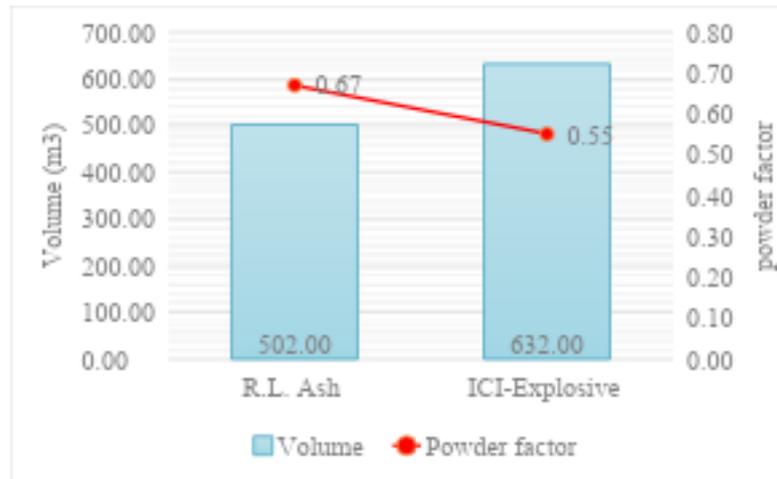
Berdasarkan desain ulang geometri tersebut didapatkan ketercapaian volume serta tonase baik secara empirik maupun *software*. Namun hasil yang didapatkan dari perhitungan empirik dan juga *software* memiliki nilai yang sama. Hal ini terjadi karena perhitungan dasar volume yang digunakan sama yaitu spasi dikali burden dikali kedalaman lubang ledak (Anggara, 2017). Berikut hasil ketercapaian geometri dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Ketercapaian Volume dan Tonase Batuan

Parameter	Hasil		Satuan	Keterangan
	R.L. Ash	ICI-Explosive		
Jumlah lubang	50	50	-	perpeledakan
Jumlah Handak	336.20	347.90	kg	perpeledakan
Volume	502.00	632.00	m3	perpeledakan

Parameter	Hasil		Satuan	Keterangan
	R.L. Ash	ICI-Explosive		
Tonase	1440.3	1813.3	Ton	perpeledakan
Powder Factor	0.67	0.55	Kg/m ³	

Dari hasil tersebut dilakukan analisis untuk membandingkan efektifitas dari desain geometri yang telah direncanakan. Berikut perbandingan volume dan *powder factor* dari desain geometri rencana yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram perbandingan volume dan *powder factor*

Diagram menunjukkan bahwa semua desain geometri yang diuji berhasil mencapai target volume batuan yaitu 490 m³. Namun dari segi efisiensi penggunaan bahan peledak, penggunaan bahan peledak pada metode *ICI-Explosive* lebih optimal yang mana nilai *powder factor* nya sebesar 0.55 (Hidayat, et al, 2022). *Powder factor* sendiri adalah perbandingan antara jumlah bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang berhasil dihancurkan. Semakin kecil nilai *powder factor* dalam rentang yang ditentukan, semakin besar fragmen batuan yang dihasilkan dan sebaliknya (Adji, 2019). Jadi desain geometri peledakan rencana berdasarkan ketercapaian volume dan *powder factor* yang paling efektif adalah *ICI-Explosive* dengan ketercapaian volume 128.14% dengan PF 0.55.

Distribusi Fragmentasi

Analisis distribusi fragmentasi dengan metode empirik *Kuz-Ram* dan *software* digunakan untuk memprediksi ukuran batu hasil peledakan berdasarkan rencana peledakan yang telah dibuat. Metode ini berguna untuk mengatasi masalah ketidaksesuaian antara hasil peledakan aktual dengan target yang diinginkan (Vinola, 2020). Dengan metode ini dapat mengevaluasi efektivitas dan efisiensi rencana peledakan. Hasil Analisis mencakup ukuran rata-rata fragmen, karakteristik ukuran partikel, indeks keseragaman, serta persentase material yang lolos atau tertahan pada ukuran tertentu (Irawan et al, 2020).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya ditemukan bahwa distribusi fragmentasi aktual belumlah tercapai. Oleh karena itu perlu perancangan ulang untuk mendapatkan hasil fragmentasi yang diinginkan. Dari desain ulang geometri yang telah didapatkan, selanjutnya akan dilakukan pengolahan data untuk memprediksi fragmentasi peledakan menggunakan teori *Kuz-Ram* dan *software*. Berdasarkan data hasil geometri peledakan kekuatan relatif bahan peledak, dan *blastility index*, dapat dilakukan pengolahan data untuk mengetahui nilai *rock factor* hasil rata-rata fragmentasi, indeks keseragaman, serta, karakteristik ukuran batuan (Hasyim dan Putra, 2014). Hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Fragmentasi Rata-Rata Rancangan Ulang Geometri

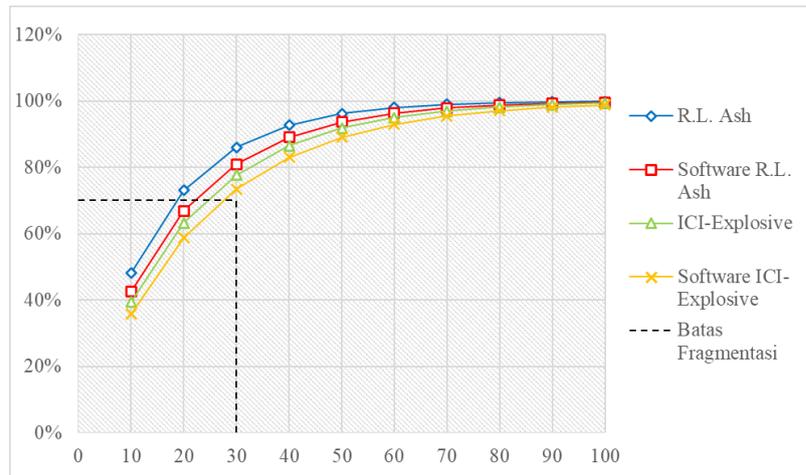
Parameter	R.L.Ash Empirik	R.L.Ash Software	ICI-Explosive Empirik	ICI-Explosive software	Satuan
<i>Rock Factor</i>	7.76	7.75	7.76	7.75	-
Indeks Keseragaman	1.38	1.20	1.26	1.15	-
Rata-rata Fragmentasi	16.14	16.00	18.90	18.90	cm
Karakteristik Ukuran	21.05	21.72	25.26	26.00	cm

Setelah didapatkan hasil tersebut, dilanjutkan dengan menghitung persentase lolosnya fragmentasi batuan menggunakan persamaan empirik Kuz-ram dan *Software* yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Fragmentasi Menggunakan Kuz-Ram dan *Software*

Fragmentasi (cm)	R.L. Ash	Software R.L. Ash	ICI-Explosive	Software ICI-Explosive
10	48%	42%	39%	36%
20	73%	67%	63%	59%
30	86%	81%	78%	73%
40	93%	89%	86%	83%
50	96%	94%	92%	89%
60	98%	96%	95%	93%
70	99%	98%	97%	95%
80	99%	99%	98%	97%
90	100%	99%	99%	98%
100	100%	100%	99%	99%
150	100%	100%	100%	100%
200	100%	100%	100%	100%
250	100%	100%	100%	100%

Berdasarkan hasil tersebut, analisis lebih lanjut akan dilakukan untuk mengidentifikasi distribusi fragmentasi yang paling optimal. Kriteria optimal yang ditetapkan adalah material hasil peledakan berukuran 30 cm dengan minimal sebanyak 70% (Frianto, et al, 2014). Untuk membandingkan kinerja setiap desain geometri, analisis kelayakan menggunakan teori Rammmler akan diterapkan. Hasil analisis distribusi persentase kelolosan dari setiap desain dan hasil *software* dapat diamati pada Gambar 2.



Gambar 4. Grafik Persentase Distribusi Lolos Ayakan

Analisis Gambar 2 menunjukkan bahwa desain geometri *R.L. Ash* yang menghasilkan distribusi kelolosan tertinggi dengan ukuran fragmentasi 30 cm diikuti dengan *ICI-Explosive*. Meskipun menggunakan metode atau formula yang sama dengan perhitungan empirik, pengujian *software* memiliki nilai distribusi kelolosan lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang didapatkan secara empirik. Hal ini disebabkan pada *software* terdapat faktor yang tidak diperhitungkan pada persamaan empirik seperti kondisi lapangan, pemasangan delay, serta *properties massa* atau kekuatan batuan yang lebih lengkap.

Pada *software*, terdapat penggunaan topografi yang memungkinkan analisis dari distribusi kekuatan peledakan yang dihasilkan, seperti adanya pengaruh jumlah bidang bebas dan arah peledakan yang dilakukan pada topografi tersebut. Kemudian penggunaan *delay* juga akan mempengaruhi distribusi fragmentasi, yang mana kekuatan ledakan tidak akan sama jika adanya penggunaan *delay* dengan tidak adanya *delay*. Hal lain yang sangat mempengaruhi perbedaan distribusi fragmentasi menggunakan *software* dengan perhitungan empirik adalah adanya *properties massa* batuan yang lebih lengkap dibandingkan dengan perhitungan empirik. Pada perhitungan empirik hanya memasukkan *rock factor* batuan, sedangkan pada perhitungan *software* terdapat modulus young, *tensile strength*, dan juga *poisson's ratio*. Dengan adanya penambahan beberapa mass properties batuan itulah yang menjadikan penambahan kekuatan batuan yang ada.

Analisis terhadap dua desain geometri yang telah dihitung menunjukkan bahwa kedua desain *R.L. Ash* dan *ICI-Explosive* menghasilkan ukuran fragmentasi yang sesuai dengan target yang diinginkan, walaupun ukuran fragmentasi *R.L. Ash* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *ICI-Explosive*. Meskipun begitu, hasil ini mengindikasikan bahwa desain tersebut memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi proses selanjutnya dan dapat menjadi pilihan yang baik untuk diterapkan dalam operasi penambangan (Permanda & Kopa, 2021).

Perkiraan Getaran Tanah (PPV) dan *Flyrock*

Pada PT. Pebana Adi Sarana belum adanya perkiraan dampak getaran tanah (PPV) dan juga *flyrock* yang dilakukan secara aktual. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan prediksi getaran dan *flyrock* dengan bantuan *software* yang dapat membantu perusahaan dalam memperkirakan ground vibration (PPV) serta untuk membantu jika adanya warga yang protes terhadap kegiatan peledakan yang dilakukan karena dekatnya dengan pemukiman warga. Kemudian hasil perkiraan tersebut akan diverifikasi sesuai dengan peraturan pemerintah. Jika belum memenuhi peraturan yang ada akan dilakukan rancangan ulang terkait geometri peledakan yang telah dibuat.

1. Getaran Tanah (PPV)

Setiap negara memiliki aturan atau standar tersendiri terkait batas maksimum getaran tanah (PPV) yang diperbolehkan. Sebagai mana diatur pada Standar Nasional Indonesia 7571 tahun 2010 menetapkan batasan maksimum tingkat getaran yang diizinkan akibat kegiatan peledakan. Khusus untuk bangunan

kelas 2 pada jarak 300 m, yang meliputi bangunan dan pondasi bata, adukan semen, atau bahkan kayu, nilai ambang batas getaran yang ditetapkan adalah PPV sama dengan 3 mm/s. Hal ini bertujuan untuk melindungi bangunan dari kerusakan akibat getaran peledakan (Wibowo & Wijaksana, 2021)

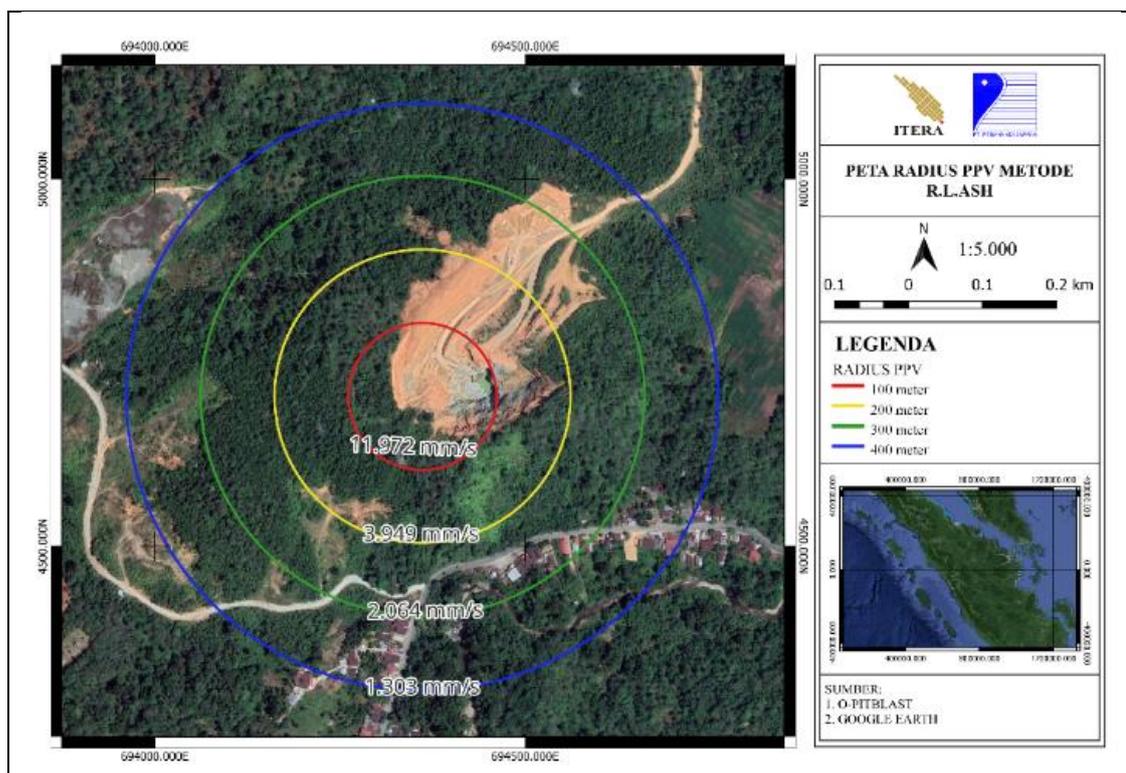
Berdasarkan hasil pengolahan data konstanta PPV yaitu k dan -b yang diambil dari data jurnal, menurut jurnal Cahyadi & Kopa, 2018 didapatkan nilai k sebesar 1143 dan -b sebesar 1.6. Nilai ini diambil berdasarkan jenis batuan yang sama yaitu batuan andesit yang mana lokasi perusahaan pada jurnal tidak jauh dari lokasi penambangan yang saat ini sedang diteliti. Artinya lokasi penelitian ini masih dalam satu wilayah dengan perusahaan yang ada pada jurnal. Disimpulkan bahwa dengan berada dalam satu wilayah, karakteristik serta kondisi geologi batuan sama (Satriawan, 2021)

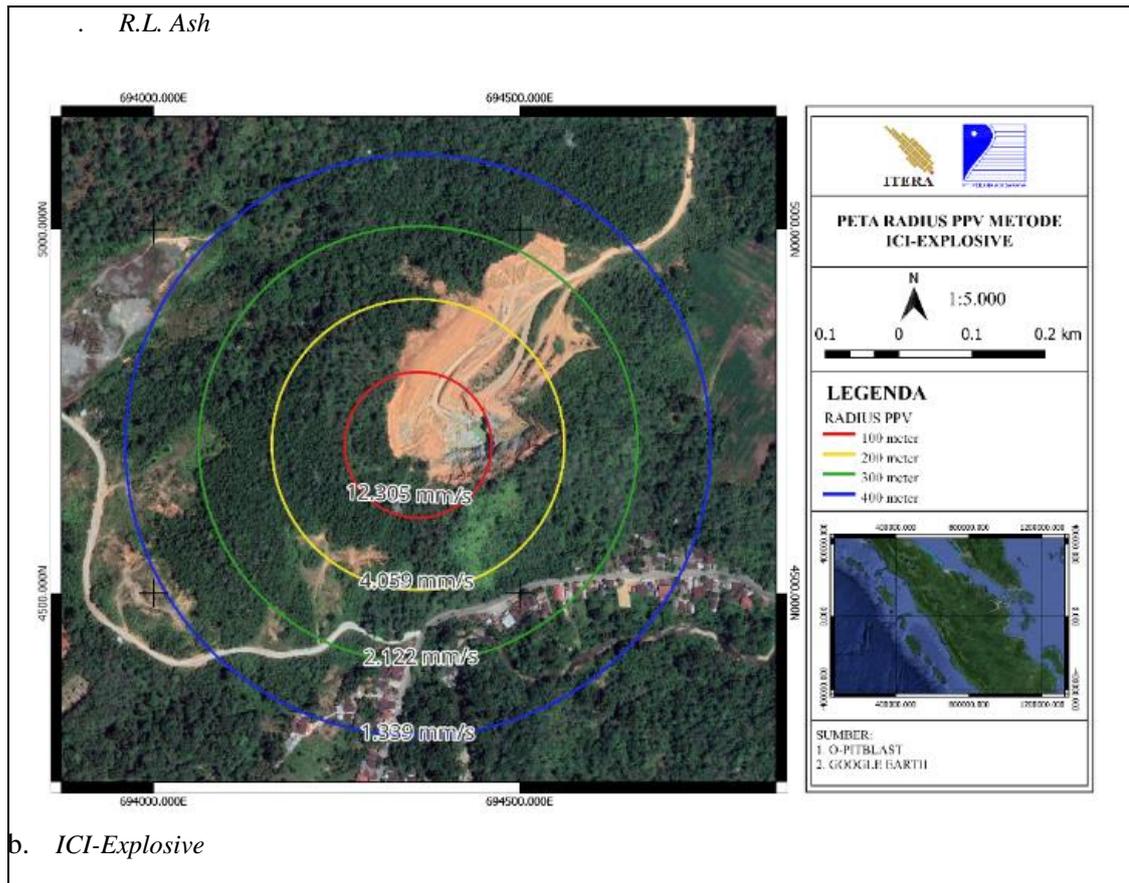
Faktor lain yang meyakinkan bahwa nilai konstanta yang terdapat pada jurnal dapat digunakan karena jumlah isian handak yang cukup mirip dengan dengan isian handak desain perusahaan serta desain ulang geometri. Namun untuk menginputkan pada software diburuhkan satu parameter lagi yaitu α . Berdasarkan Holmberg-Persson Nilai α didapat dari setengah nilai b, sehingga didapat nilai α yaitu 0.8. Data tersebut diinputkan kedalam software dan akan muncul hasil prediksi getaran yang nilainya dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. PPV Prediksi menggunakan software

Jarak k	PPV Prediksi (mm/s)	
	R.L. Ash	ICI-Explosive
100	11.97	12.31
200	3.95	4.06
300	2.06	2.12
400	1.30	1.34

Jika nilai tersebut diilustrasikan pada sebuah gambar akan terlihat seperti radius lingkaran yang dapat dilihat pada gambar 5.





Gambar 5. PPV Prediksi

Dari hasil diatas didapatkan bahwa prediksi getaran tanah (PPV) pada jarak 300 meter untuk Geometri *R.L.Ash* adalah sebesar 2.06 mm/s dan *ICI-Explosive* sebesar 2.12 mm/s. Dari kedua hasil tersebut dapat dilihat bahwa prediksi getatran tanah yang dihasilkan tidak melebihi batas maksimum yaitu 3 mm/s. Artinya getaran tanah (PPV) telah sesuai dengan peraturan pemerintah.

0. Jarak *Flyrock*

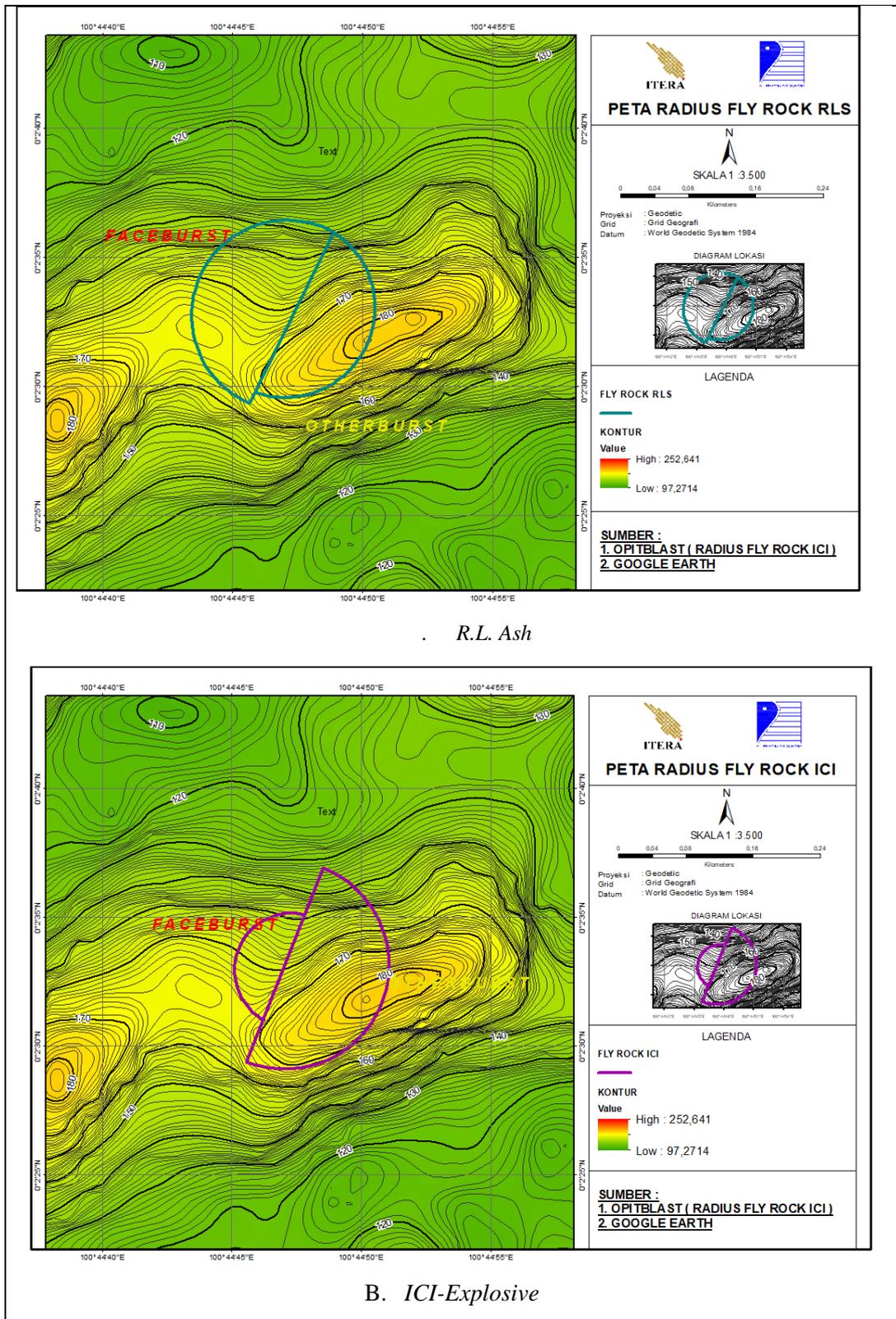
Berdasarkan dengan Peraturan Mentri ESDM Nomor 1827 tahun 2018 Pasal 30, menyatakan bahwa jarak minimum yang aman bagi alat berat dari lokasi peledakan adalah sebesar 300 meter dan untuk manusia adalah 500 meter. Peraturan mengenai jarak aman peledakan bersifat fleksibel dan dapat disesuaikan berdasarkan hasil kajian teknis. Maka dari itu akan dihitung perhitungan jarak *flyrock* secara empirik menggunakan persamaan Richard & Moore yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Jarak *Flyrock* berdasarkan persamaan *Richard & Moore*

Jenis <i>Flyrock</i>	Jarak	
	<i>R.L. Ash</i>	<i>ICI-Explosive</i>
<i>Face Burst</i>	391	241
<i>Createring</i>	391	472
<i>Rifling</i>	0	0

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa jarak *flyrock R.L. Ash* belum sesuai dengan peraturan pemerintah untuk jarak minimum bagi alat berat, tapi telah sesuai dengan jarak minimum untuk manusia yaitu kecil dari 500 meter. Sedangkan untuk *flyrock* desain *ICI-Explosive* telah sesuai dengan peraturan pemerintah, yang mana jarak minimum aman untuk alat berat dibawah 300 meter yaitu 241 meter dan jarak minimum terhadap manusia dibawah 500 meter yaitu 472 meter.

Namun ada beberapa hal yang harus diperhatikan, yang nyatanya lokasi peledakan cukuplah dekat dengan rumah warga yang jaraknya hanya berkisar 250 meter. Berdasarkan fakta yang didapatkan, ternyata jarak minimum hasil perhitungan dapat berdampak pada rumah warga. Oleh karena itu akan dilakukan analisis lebih lanjut menggunakan *software* untuk menemukan zona aman terbaik yang mungkin tidak dapat diperhitungkan melalui perhitungan empirik. Hasil analisis *software* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Prediksi Flyrock

Berdasarkan hasil software diatas dapat dilihat bahwa jarak flyrock pada baris pertama yang mungkin akan menyebabkan face burst dengan radius jarak sebesar 115 meter untuk metode R.L.Ash dan radius 68 meter untuk metode *ICI-Explosive*. Sedangkan untuk jenis flyrock lainnya pada metode R.L.Ash jarak flyrock yang dihasilkan beradius 115 meter dan untuk metode *ICI-Explosive* beradius 125 meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jarak flyrock face burst pada metode R.L.Ash lebih besar dibandingkan dengan metode *ICI-Explosive*, dikarenakan pada desain geometri yang telah dibuat, jarak burden menuju bidang bidang bebas pada metode *R.L. Ash* lebih pendek dibandingkan dengan metode *ICI-Explosive*. Sedangkan untuk jenis flyrock lainnya jarak flyrock pada metode *ICI-Explosive* lebih besar dibandingkan metode R.L.Ash, hal ini disebabkan karena perbandingan stemming dengan burden pada metode R.L.Ash lebih besar dibandingkan dengan metode *ICI-Explosive*.

PENUTUP

Penelitian ini membandingkan efektivitas dua metode desain geometri peledakan, yaitu *R.L. Ash* dan *ICI-Explosive*, dalam mencapai target produksi, fragmentasi, getaran tanah (PPV), dan jarak lontar batuan (*flyrock*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *ICI-Explosive* lebih efektif dalam meningkatkan produksi, dengan ketercapaian tonase 128.14% dan *powder factor* 0.55, dibandingkan metode *R.L. Ash* yang mencapai 101.83% dengan *powder factor* 0.67. Kedua metode, baik melalui perhitungan empirik maupun perangkat lunak, berhasil memenuhi target fragmentasi. Pengukuran PPV dan prediksi jarak lontar batuan juga menunjukkan hasil yang aman sesuai standar pemerintah. Metode *R.L. Ash* menghasilkan PPV 2.06 mm/s dengan prediksi jarak lontar batuan 391 meter (empirik) dan 115 meter (*software*), sedangkan metode *ICI-Explosive* menghasilkan PPV 2.12 mm/s dengan prediksi jarak lontar batuan 472 meter (empirik) dan 125 meter (*software*).

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapkan banyak terima kasih dari berbagai pihak yang telah membantu dalam penyusunan jurnal ini, terkhusus kepada bapak Ade Wenas dan Muhammad Havizd Rizaldi selaku pembimbing lapangan dari PT Pebana Adi Sarana, kedua orang tua yang sangat saya sayangi yang banyak mengsupport saya baik secara materil dan batin, dan kepada banyak pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, A. E. (2019). Analisis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Hasil Fragmentasi dan Digging Time Optimal di Pit North Tutupan PT. SIS Site Adaro. 1–112.
- Adjie, M., Sukartono, & Trianda, O. (2020). Kualitas Batu Andesit Berdasarkan Analisis Kuat Tekan Daerah Sumberejo Dan Sekitarnya, Kecamatan Durenan, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. *Geoda*, 1(1), 87–94.
- Anggara, R. (2017). Teknik Peledakan. Balai Pendidikan Dan Pelatihan Tambang Bawah Tanah, 2(61), 10811–10812.
- Apriani, W., Asof, M., & Mukiat. (2019). Dampak Peledakan Overburden Terhadap Keselamatan Kerja Di Pt. Bukit Asam, Tbk. *Jurnal Pertambangan*, 5(4), 23–27. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JP>
- Assany, F., & Kopa, R. (2021). Kajian Teknis dan Ekonomis Peledakan di Pit 1 PT. Pebana Adi Sarana Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 6(1), 218–228
- Defriansyah, A., & Yulhendra, D. (2019). Evaluasi Teknis Geometri Peledakan untuk Mendapatkan Fragmentasi dan Identifikasi Tingkat Keseragaman Batuan Hasil Peledakan yang Ideal di PT. Allied Indo Coal Jaya, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 100–113.
- Frianto, R., Nurhakim, & Riswan. (2014). Kajian Teknis Geometri Peledakan pada Keberhasilan Pembongkaran Overburden Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan. *Jurnal Fisika Flux*, 11(1), 56–67. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/f/article/view/2621/2277>

- H Nubatonis, J. F., Isjudarto, A., & Aprilia Rande, S. (2020). Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimal Guna Meningkatkan Digging Time Alat Hydraulic Loading Excavator Komatsu Pc 2000. *Mining Insight*, 01(02), 253–262.
- Hasyim Sujiman, Ibnu, & Putra, A. (2014). Kajian Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan Di Pit 4 Tuc Pt. Mega Prima Persada Kecamatan Loa Kulu Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 2(16), 1–13. <https://ejurnal.unikarta.ac.id/index.php/jgp/article/view/120>
- Hidayat, W., Hasyim, I., & Kurniawan, E. (2022). Pelaksanaan Kegiatan Peledakan Dalam Upaya Pemberaian Over Burden (OB). *Jurnal Geologi Pertambangan*, 28(1), 12–24. <https://ejurnal.unikarta.ac.id/index.php/jgp/article/view/991>
- Irawan, J., Irvani, I., & Oktarianty, H. (2020). Kajian Teknis Geometri Peledakan dan Powder factor Terhadap Fragmentasi di PT Semen Padang Indarung. *Mineral*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.33019/mineral.v5i1.3052>
- Nasio, S. (2010). Standar Nasional Indonesia 7571:2010.
- Permanda, N., & Kopa, R. (2021). Evaluasi Geometri Peledakan Berdasarkan Pengaruh Perhitungan Blastability Index Untuk Mendapatkan Fragmentasi Ideal Pada Front Penambangan Di PT . Ansar Terang Crushindo 1 Pangkalan Koto Baru Kabupaten Lima. *Jurnal Bina Tambang*, 6(1), 187–197.
- Prabowo, H., Amrina, E., Rifaldi, M., Studi Pendidikan Profesi Insinyur, P., Pascasarjana, P., Andalas Padang, U., Padang, N., Manis, L., Pauh, K., Padang, K., Barat, S., & Hamka Air Tawar Padang Sumatera Barat, J. (2023). Evaluation of the Impact of Actual Blasting Geometry on Rock Fragmentation in Limestone Mining. 7(2). <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JP>
- Renaldi, R., & Botjing, M. U. (2023). Daerah Buluri Kota Palu Geological Study and Physical Properties Tests of Andesite Rocks in the Buluri Area , Palu City. *Bomba - Jurnal Pembangunan Daerah*, 1, 35–42.
- Satriawan, D. D. (2021). Pengelolaan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara Pasca Berlakunya Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja. *Esensi Hukum*, 3(2), 123–133. <https://doi.org/10.35586/esensihukum.v3i2.108>
- Sulistiyono, B. (2022). Modifikasi Geometri Peledakan (Blasting) Untuk Meningkatkan Efektivitas Peledakan (Blasting) Di Quarry Studi Kasus: Proyek Pembangunan Bendungan Tugu. 1. <https://dspace.uii.ac.id/bitstream/handle/123456789/41238/20914004.pdf?sequence=1>
- Sundoyo, & Rahmad. (2019). Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Upaya Pencapaian Target Produksi Peledakan Pt. Bukit Baiduri Energi Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur. *Geologi Pertambangan*, 1, 1–12.
- Syeban, N., Marsudi, & Syafrianto, K. M. (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. *Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6, 1–7.
- Triyanda, A., & Kopa, R. (2021). Kajian Teknis Lemparan Flyrock pada Pit 303 Jembayan PT Pamapersada Nusantara Distrik Baya Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*, 6(2), 145–156.
- Triyanto, B., & Panjaitan, R. (2022). Kajian Teknis Kegiatan Peledakan Di Pt. Semen Bosowa Maros Sulawesi Selatan. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang*, 2(1), 55–59.
- Vinola Sari, H., Isjudarto, A., Sidiq, H., Studi Teknik Pertambangan, P., & Teknologi Mineral, F. (2020). Analisis Pengaruh Pola Rangkaian Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah Di Quarry Tuban I-Iv Pt. Semen Indonesia (Persero) Tbk. *Tuban Provinsi Jawa Timur. Mining Insight*, 01(01), 63–70.
- Wibowo, H. S., & Wijaksana, I. K. (2021). Analisis Ground Vibration terhadap Isian Bahan Peledak di PT Widaka Indonesia, Kelurahan Jelekong, Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan*, 7(2), 548–557.
- Yunita Bayuningsih, R., Al Hadi, A., Harry Waristian, B., & Puspita, M. (2022). Pengenalan Sistem Pengeboran Dan Peledakan Pada Industri Pertambangan Di SMK Teknologi Nasional Palembang. *Konferensi Nasional Pengabdian Masyarakat*, 446, 446–452.