

Rancangan Geometri Peledakan untuk Mencapai Target Fragmentasi pada Peledakan Batu Gamping di PT Tambang Semen Sukabumi PIT C Produksi

Akram Abdul Halim*, Yuliadi, Yunus Ashari

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

*akramabdulhalim@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, yunus_ashari@unisba.ac.id

Abstract. PT Tambang Semen Sukabumi (TSS) is a subsidiary of the Thailand Cement Group Siam Cement Group (SCG). PT Tambang Semen Sukabumi is engaged in mining limestone and clay which are intended as the main base materials for cement production supplied to the PT Semen Jawa. PT TSS has a target fragmentation size of 75% for sizes ≤ 40 cm adjusted to the size of the crusher opening. This target needs to be achieved in order to reduce additional process for reducing boulder size. This research aims to know the fragmentation results from the actual geometry and design a proposed blasting geometry so that the blast fragmentation target can be achieved as well as the optimal amount of explosives used in each blast hole. The fragmentation size resulting from actual geometry using electronic detonators has an average percentage of size ≤ 40 cm is 63,18% and for using non-electric detonators has an average percentage size ≤ 40 cm is 73,71%. Proposed geometric design to meet fragmentation targets, using a blast hole size of 3,5 inches, burden of 2,33 m, spacing of 2,92 m, stemming of 1,63 m, subdrill of 0,70 m, hole depth of 7,70 m, powder column of 6,07 m, for optimal explosive use 32,09 kg/hole with a powder factor value of 0,67 kg/BCM. This design produces an average fragmentation size of 23,71 cm with a percentage sizes ≤ 40 cm of 82,87% and sizes > 40 cm of 17,13%. (Cunningham, 1983; Muhammad Ikram & Yuliadi, 2022; Sharma & Rai, 2015)

Keywords: *Blasting, Fragmentation, Blasting Geometry.*

Abstrak. PT Tambang Semen Sukabumi (TSS) merupakan anak perusahaan dari Grup Semen asal Thailand Siam Cement Group (SCG). PT Tambang Semen Sukabumi bergerak dalam penambangan batu gamping dan lempung yang ditujukan sebagai baku utama semen yang dipasok ke Pabrik PT Semen Jawa. PT TSS memiliki target ukuran fragmentasi yaitu sebesar 75% untuk ukuran ≤ 40 cm disesuaikan dengan ukuran gap crusher. Target ini perlu dicapai agar dapat mengurangi kegiatan tambahan untuk pengecilan ukuran boulder. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil fragmentasi dari geometri aktual dan merancang geometri peledakan usulan agar target fragmentasi peledakan bisa tercapai serta jumlah penggunaan bahan peledak yang optimal pada setiap lubang ledak. Ukuran fragmentasi yang dihasilkan dari geometri aktual yang menggunakan detonator elektronik memiliki rata-rata presentase ukuran ≤ 40 cm sebesar 63,18% dan untuk peledakan menggunakan detonator non-elektrik memiliki rata-rata presentase ukuran ≤ 40 cm sebesar 73,71%. Usulan rancangan geometri untuk memenuhi target fragmentasi, yaitu menggunakan ukuran lubang ledak 3,5 inch, burden sebesar 2,33 m, spacing sebesar 2,92 m, stemming sebesar 1,63 m, subdrill sebesar 0,70 m, kedalaman lubang sebesar 7,70 m, powder column sebesar 6,07 m, untuk penggunaan bahan peledak 32,09 kg/lubang dengan nilai powder factor sebesar 0,67 kg/BCM. Rancangan ini menghasilkan ukuran fragmentasi rata-rata sebesar 23,71 cm dengan presentase ukuran ≤ 40 cm sebesar 82,87% dan ukuran > 40 cm sebesar 17,13%.

Kata Kunci: Peledakan, Fragmentasi, Geometri Peledakan.

A. Pendahuluan

Dalam suatu kegiatan penambangan terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk memperoleh bahan galian yang diinginkan, salah satunya adalah metode peledakan.

Dalam suatu kegiatan peledakan ukuran fragmentasi yang dihasilkan sangatlah penting karena dapat berpengaruh terhadap kegiatan selanjutnya, apabila hasil peledakan yang dihasilkan tidak sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan maka perlu dilakukan upaya tambahan untuk memperkecil ukuran batuan sehingga didapatkan ukuran fragmentasi yang sesuai dengan kebutuhan, upaya untuk memperkecil ukuran fragmentasi akan memakan biaya tambahan.

Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang ditargetkan oleh perusahaan yaitu sebesar 75% untuk ukuran ≤ 40 cm disesuaikan dengan ukuran *gap crusher*. Sedangkan untuk ukuran bongkahan (*boulder*) yang melebihi 40 cm harus diperkecil terlebih dahulu oleh *breaker* agar dapat diproses oleh *crusher*.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, kegiatan peledakan yang dilakukan di PT. Tambang Semen Sukabumi belum menghasilkan ukuran fragmentasi sesuai target yaitu sebesar 75% untuk ukuran ≤ 40 cm. Persentase fragmentasi yang lolos *gap crusher* masih kurang dari target 75%. Belum tercapainya target ini dapat dikarenakan oleh penggunaan geometri peledakan kurang sesuai dengan kondisi lapangan, dan juga pengisian bahan peledak tidak optimum, sehingga menghasilkan *boulder* dengan persentase yang cukup besar.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Bagaimana geometri peledakan aktual yang digunakan dan hasil fragmentasi dari peledakan aktual dengan sistem inisiasi *electronic detonator* dan *non-electric detonator*?”, “Bagaimana geometri peledakan usulan sehingga diperoleh fragmentasi yang sesuai dengan target perusahaan?”, “Berapakah nilai muatan bahan peledak yang optimum untuk setiap lubang ledak untuk memperoleh target fragmentasi. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui geometri peledakan aktual yang digunakan dan hasil fragmentasi dari peledakan aktual dengan sistem inisiasi *electronic detonator* dan *non-electric detonator*;
2. Merancang geometri peledakan usulan sehingga diperoleh fragmentasi yang sesuai dengan target perusahaan;
3. Menentukan nilai muatan bahan peledak yang optimum untuk setiap lubang ledak untuk memperoleh target fragmentasi.

B. Metodologi Penelitian

Peneliti menggunakan data primer berupa data pengamatan lapangan yang terdiri dari geometri peledakan aktual, desain peledakan, pola peledakan, dan foto fragmentasi aktual yang nantinya akan digunakan untuk menghitung geometri peledakan aktual dan fragmentasi hasil peledakan aktual. Data sekunder berupa peta pendukung penelitian yang berupa peta geologi daerah penelitian, peta topografi daerah penelitian, lalu spesifikasi bahan peledak, dan densitas batuan juga digunakan dalam penelitian ini.

Teknik pengolahan data yang digunakan untuk memperoleh nilai fragmentasi peledakan aktual dengan menggunakan geometri peledakan aktual diperoleh dari hasil foto *drone* dan diolah menggunakan *software Wipfrag 3.3*, untuk menghitung geometri peledakan usulan digunakan perhitungan berdasarkan teori C.J Konya dan untuk memperoleh nilai fragmentasi hasil peledakan menggunakan perhitungan berdasarkan teori Kuz-Ram.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Geometri Peledakan Aktual

Geometri yang direncanakan oleh perusahaan yaitu menggunakan *burden* 2,5 m dan *spacing* 3,3 m antar lubang, untuk setiap lubang bor direncanakan memiliki kedalaman 7 m disesuaikan dengan tinggi jenjang yaitu 7 m dengan diameter lubang yang digunakan berukuran 3,5 inch dan 4 inch, pola pemboran yang digunakan yaitu pola *staggered pattern* atau pola zig-zag.

Geometri peledakan aktual yang diterapkan selama kegiatan penelitian tidak sesuai dengan rencana karena kurangnya pengawasan pada saat kegiatan pengeboran berlangsung, hal ini akan berpengaruh terhadap hasil fragmentasi peledakan yang dihasilkan.

Tabel 1. Data Hasil Pemboran Aktual

No	Tanggal	Lokasi	Drill Record				
			Jumlah Lubang	Kedalaman (m)	Total Kedalaman (m)	Diameter Lubang (inch)	Pola Pemboran
1	10 Juli 2023	C Produksi	60	6,70	402,1	4	Staggered Pattern
2	12 Juli 2023	C Produksi	41	5,93	243,3	4	Staggered Pattern
3	13 Juli 2023	C Produksi	40	6,84	273,4	4	Staggered Pattern
4	17 Juli 2023	C Produksi	69	6,65	459,1	4	Staggered Pattern
5	20 Juli 2023	C Produksi	36	7,13	256,7	4	Staggered Pattern
			35	7,03	246,2	3,5	
6	24 Juli 2023	C Produksi	38	6,68	254	4	Staggered Pattern
			31	6,72	208,4	3,5	
7	27 Juli 2023	C Produksi	9	6,24	56,2	4	Staggered Pattern
			51	6,77	345,5	3,5	

Tabel 2. Data Geometri Peledakan Aktual

Tanggal		10 Juli 2023	12 Juli 2023	13 Juli 2023	17 Juli 2023	20 Juli 2023		24 Juli 2023		27 Juli 2023	
Lokasi		C Produksi									
Blasting Record	Burden (m)	2,66	2,09	2,19	2,49	2,41	2,62	2,37	2,36	2,26	2,52
	Spacing (m)	3,25	3,44	3,32	3,03	3,04	3,20	3,06	3,20	3,12	2,98
	Stemming (m)	2,50	2,20	2,50	2,50	2,50	2,20	2,50	2,20	2,50	2,20
	Subdrill (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PC (m)	4,20	3,73	4,34	4,15	4,63	4,83	4,18	4,52	3,74	4,57
	Loading Density (kg/m)	6,91	6,91	6,91	6,91	6,91	5,29	6,91	5,29	6,91	5,29
	Berat Handak (kg)	29,03	25,80	29,95	28,70	31,99	25,57	28,91	23,92	25,87	24,20
	Volume (BCM)	3.479,37	1.751,97	1.985,10	3.463,16	1.884,40	2.063,53	1.838,43	1.568,27	395,57	2.599,02
	Tonase (ton)	8.698,42	4.379,93	4.962,75	8.657,90	4.711,00	5.158,84	4.596,07	3.920,68	988,93	6.497,55
	PF (kg/BCM)	0,51	0,61	0,61	0,58	0,62	0,44	0,61	0,48	0,60	0,48
	PF (kg/ton)	0,20	0,24	0,24	0,23	0,25	0,18	0,24	0,19	0,24	0,19
	Jenis Detonator	EDD	Nonel	EDD	Nonel	EDD		EDD		EDD	

Tabel 3. Penggunaan Bahan Peledak

No	Tanggal	Lokasi	Jenis Handak (Explosives Type)					
			ANFO	Primer	Nonel IHD	Nonel TLD	Nonel TLD	Electronic Detonator
					500/15 M	67/5 M	109/5 M	HEBS II 9 M
			Kg	Kg	Pcs	Pcs	Pcs	Pcs
1	10 Juli 2023	C Produksi	1.741,71	24	-	-	-	60
2	12 Juli 2023	C Produksi	1.057,74	12,3	41	37	3	1
3	13 Juli 2023	C Produksi	1.197,99	16	-	-	-	40
4	17 Juli 2023	C Produksi	1.980,06	27,6	69	64	4	1
5	20 Juli 2023	C Produksi	2.046,69	28,4	-	-	-	71
6	24 Juli 2023	C Produksi	1.840,09	27,6	-	-	-	69
7	27 Juli 2023	C Produksi	1.466,88	24	-	-	-	60

Hasil Fragmentasi Aktual

Dalam memperoleh hasil fragmentasi aktual terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah analisis fotografi dengan menggunakan *software WipFrag 3.3*. Dalam analisis ini dilakukan foto udara menggunakan perangkat *drone* kepada fragmentasi hasil peledakan, lalu foto fragmentasi tersebut akan diolah menggunakan *software WipFrag 3.3* sehingga didapatkan distribusi fragmentasi yang dihasilkan pada kegiatan peledakan. Berikut hasil dari pengolahan data fragmentasi yang telah dilakukan.

Tabel 4. Fragmentasi Peledakan Aktual Menggunakan *Detonator* Elektronik

No	Tanggal	Lokasi	Jenis Detonator	Fragmentasi	
				≤ 40 cm	> 40 cm
1	10 Juli 2023	C Produksi	EDD	65,85%	34,15%
2	13 Juli 2023	C Produksi	EDD	59,10%	40,90%
3	20 Juli 2023	C Produksi	EDD	62,08%	37,92%
4	24 Juli 2023	C Produksi	EDD	44,94%	55,06%
5	27 Juli 2023	C Produksi	EDD	83,94%	16,06%
			Rata-rata	63,18%	36,82%

Tabel 5. Fragmentasi Peledakan Aktual Menggunakan *Detonator* Non-Elektrik

No	Tanggal	Lokasi	Jenis Detonator	Fragmentasi	
				≤ 40 cm	> 40 cm
1	12 Juli 2023	C Produksi	Nonel	75,83%	24,17%
2	17 Juli 2023	C Produksi	Nonel	71,59%	28,41%
			Rata-rata	73,71%	26,29%

Geometri Peledakan Teoritis dan Hasil Fragmentasi Teoritis

Dalam sebuah kegiatan peledakan geometri peledakan dapat mempengaruhi hasil fragmentasi sehingga perlu diterapkan geometri peledakan yang sesuai agar didapatkan hasil yang diinginkan. Berdasarkan kegiatan peledakan menggunakan geometri aktual belum tercapai target fragmentasi yang diinginkan perusahaan yaitu ukuran ≤ 40 cm sebesar 75%, maka dari itu diperlukan geometri peledakan usulan untuk memperbaiki ukuran fragmentasi. Geometri peledakan usulan dihitung berdasarkan formula C.J Konya dengan kondisi sebagai berikut:

1. Specific gravity batu gamping (SGr) = 2.5 t/m³
2. Specific gravity ANFO (SGe) = 0,85 gr/cc
3. Tinggi Jenjang (H) = 7 m
= 22,96 ft.

Nilai *stiffness ratio* yang digunakan yaitu SR = 3 untuk mendapatkan kontrol distribusi fragmentasi dan ukuran dari fragmentasi hasil peledakan yang baik, selain itu hasil dari ledakan udara (*airblast*) dan getaran tanah (*ground vibration*) yang kecil dan batu terbang (*flyrock*) yang dihasilkan pada proses peledakan sedikit.

Tabel 6. Penentuan *Stiffness Ratio* Menurut C.J Konya

Stiffness Ratio	Fragmentasi	Ledakan Udara	Batu Terbang	Getaran Tanah	Komentar
1	Buruk	Besar	Banyak	Besar	Banyak muncul <i>back break</i> di bagian <i>toe</i> jangan dilakukan dan rancang ulang
2	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang	Bila memungkinkan rancang ulang
3	Baik	Kecil	Sedikit	Kecil	Kontrol dan fragmentasi baik
4	Memuaskan	Sangat Kecil	Sangat Sedikit	Sangat Kecil	Tidak akan menambah keuntungan bila stiffness ratio di atas 4

Berdasarkan perhitungan geometri teoritis menggunakan teori C.J Konya untuk memperoleh target fragmentasi ≤ 40 cm sebesar 75% maka digunakan ukuran diameter lubang sebesar 3,5 inch, jarak *burden* sebesar 2,33 m, *spacing* 2,92 m, kedalaman lubang 7,7 m, *stemming* 1,63 m, *subdrill* 0,7 m, *powder column* 6,07 m, untuk *loading density* digunakan 5,29 kg/m sehingga didapatkan penggunaan bahan peledak yang optimum yaitu sebesar 32,09 kg per lubang nya dengan perolehan nilai *powder factor* sebesar 0,67 kg/BCM, dan untuk ukuran lubang ledak 4 inch jarak *burden* sebesar 2,68 m, *spacing* sebesar 3,22 m, *subdrilling* sebesar 0,80 m, *stemming* sebesar 1,88 m, kedalaman lubang ledak sebesar 7,80 m, *powder column* sebesar 5,93 m, untuk *loading density* digunakan 6,91 kg/m sehingga didapatkan penggunaan bahan peledak yang optimum yaitu sebesar 40,95 kg per lubang nya dengan perolehan nilai *powder factor* sebesar 0,68 kg/BCM

Tabel 7. Geometri Peledakan Teoritis

Diameter Lubang	Burden	Spacing	Stemming	Subdrill	Kedalaman Lubang	Powder Column	Loading Density	Berat Handak	Powder Factor
(inch)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg)	(kg/BCM)
3,5	2,33	2,92	1,63	0,70	7,70	6,07	5,29	32,09	0,67
4	2,68	3,22	1,88	0,80	7,80	5,93	6,91	40,95	0,68

Geometri teoritis yang dihasilkan berdasarkan persamaan C.J Konya maka selanjutnya dihitung ukuran fragmentasi yang dihasilkan menggunakan teori Kuz-Ram dengan kondisi pembobotan faktor batuan seperti tabel dibawah ini,

Tabel 8. Faktor Batuan

Jenis Pembobotan	Nilai Pembobotan
1. Rock Mass Description	
<i>Powder/Friable</i>	10
<i>Blocky</i>	20
<i>Massive</i>	50
2. Joint Plane Spacing	
<i>Close (< 0,1 m)</i>	10
<i>Intermediet (0,1 - 1,0 m)</i>	20
<i>Wide (> 1,0 m)</i>	50
3. Joint Plane Orientation	
<i>Horizontal</i>	10
<i>Dip out of face</i>	20
<i>Strike normal to face</i>	30
<i>Dip into face</i>	40
4. Specific Gravity Influence	$(25 \times Sgr) - 50 = 12,5$
5. Hardness	3,76

dari perhitungan tersebut dihasilkan untuk ukuran lubang ledak 3,5 inch diperoleh rata-rata ukuran fragmentasi sebesar 23,70 cm dengan presentase lolos bukaan *crusher* sebesar 82,87% dan presentase ukuran *boulder* sebesar 17,13%, untuk ukuran lubang ledak 4 inch diperoleh rata-rata ukuran fragmentasi sebesar 24,59 cm dengan presentase lolos bukaan *crusher* sebesar 79,57% dan presentase ukuran *boulder* sebesar 20,43%.

Tabel 9. Fragmentasi Hasil Peledakan Teoritis

Diameter Lubang Ledak (inch)	Ukuran Fragmentasi Rata-rata (cm)	Ukuran Fragmentasi (cm)	Presentase (%)
3,5	23,71	> 40	17,13
		< 40	82,87
4	24,60	> 40	20,43
		< 40	79,57

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada kegiatan peledakan menggunakan dua jenis *detonator* yaitu *detonator* elektronik dan *detonator* non-elektrik, fragmentasi yang dihasilkan dari kegiatan peledakan menggunakan *detonator* elektronik sebesar 63,18% untuk ukuran yang lolos bukaan *crusher* dan *boulder* yang dihasilkan sebesar 36,82%, untuk kegiatan peledakan menggunakan *detonator* non-elektrik sebesar 73,71% untuk ukuran yang lolos bukaan *crusher* dan *boulder* yang dihasilkan sebesar 26,29%.
2. Usulan rancangan geometri yang dihitung berdasarkan teori C.J Konya untuk memenuhi target fragmentasi ukuran ≤ 40 cm dengan peresentase 75%, yaitu menggunakan ukuran lubang ledak 3,5 inch, *burden* sebesar 2,33 m, *spacing* sebesar 2,92 m, *subdrilling* sebesar 0,70 m, *stemming* sebesar 1,63 m, kedalaman lubang ledak sebesar 7,70 m,

powder column sebesar 6,07 m maka di diperoleh ukuran fragmentasi rata-rata sebesar 23,71 cm dengan fragmentasi berukuran ≤ 40 cm mencapai 82,87%, dan fragmentasi berukuran > 40 cm sebesar 17,13%.

3. Berdasarkan perhitungan untuk ukuran lubang ledak 3,5 inch maka nilai muatan bahan peledak yang optimum digunakan untuk setiap lubang ledak dengan kedalaman lubang ledak sebesar 7,70 m dan panjang kolom isian 6,07 m adalah sebesar 32,09 kg/lubang ledak dan menghasilkan nilai *powder factor* sebesar 0,67 kg/BCM,.

Acknowledge

1. Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T., selaku Co-Pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
2. Bapak Ir. Yuliadi, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Pembimbing.
3. Bapak Ir. Zaenal, M.T, selaku Koordinator Skripsi.
4. Bapak Dr. Dudi Nasrudin, Ir., M.T., selaku dosen wali penulis.
5. Para Dosen jurusan teknik pertambangan yang telah berbagi ilmu kepada penulis baik di dalam ataupun di luar kelas.
6. Kedua Orangtua dan Adik Penulis yang selalu memberi dukungan secara finansial dan moral.
7. Teman-teman seperjuangan, Tambang Unisba 2013 serta sahabat yang selalu mendukung kelancaran Skripsi ini.

Daftar Pustaka

- [1] Ash, R.L, 1967, "*Design of Blasting Round, Surface Mining*", B.A. Kennedy, Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- [2] Aziz, Ginanjar Abdul. 2020. "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". Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- [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] Hidayatuloh, Beni Taufik, 2017, "Analisis Struktur dan Desain Delay Detonator Non Electric (Nonel) terhadap Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan dengan Menggunakan Model Kuz-Ram di PT. Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat", Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- [5] Koesnaryo, 2001, "*Bahan Peledak dan Metode Peledakan*", Pusat Pendidikan dan Pelatihan Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- [6] Konya, C.J, dan E.J Walter, 1990, "*Surface Blast Design*", Prentice Hall.
- [7] Lily, P.A, 1986, "*The Use Of The Blastability Index In The Design Of Blasts For Open Pit Mines*", AusIMM/ IEAust Large Open Pit Mining Confrence, Newman.
- [8] Nurcahya, Zulham, 2015, "Pemodelan Geometri Peledakan Dengan Menggunakan Persamaan R.L Ash Untuk Mengetahui Tingkat Fragmentasi Pada Kuari Batuan Andesit PT Batu Sarana Persada, Kecamatan Cigudeg, Kabupaten Bogor, Jawa Barat", Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- [9] Pratama, Panji, 2020, "Kajian Fragmentasi terhadap Digging Time PC 1250 Komatsu di Pit 3000 Blok 3 PT Trubaindo Coal Mining, Kecamatan Muara Lawa, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur", Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- [10] Rosyad, Fadlillah, 2016, "Evaluasi Geometri Peledakan untuk Menghasilkan Fragmentasi yang diinginkan pada Kegiatan Pembersihan Batuan Andesit di PT Mandiri Sejahtera Sentra, Kabupaten Purwakarta Provinsi Jawa Barat", Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Islam Bandung, Bandung.

- [11] Soekamto, Rab. 1975. “*Peta Geologi Lembar Jampang Dan Balekambang, Jawa*”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- [12] Cunningham, C. V. B. (1983). Kuz – Ram Model For Prediction of Fragmentation From Blasting Symposium on Rock Fragmentation by Blasting.
- [13] Muhammad Ikram, & Yuliadi. (2022). Kajian Geoteknik untuk Penentuan Geometri Lereng Front Penambangan di PT. XYZ. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 107–116. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1246>
- [14] Sharma, S. K., & Rai, P. (2015). Investigation of Crushed Aggregate as Stemming Material in Bench Blasting: A Case Study. *Geotechnical and Geological Engineering*, 33(6), 1449–1463. <https://doi.org/10.1007/s10706-015-9911-7>