



Penentuan Kualitas Batuan dan Fragmentasi Hasil Blasting Quarry Sebagai Material Timbunan Pada Pembangunan Bendungan Pamukkulu Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan

Jasmin Elza^{1*}, Busthan Azikin¹, Sultan¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Email*: mrjasminelza@gmail.com

Diterima November 2023; Disetujui November 2023; Dipublikasi Desember 2023

Abstract. Administratively, Pamukkulu Dam is located in Kale Ko'mara Village, North Polombangkeng District, Takalar Regency, South Sulawesi Province. The lithology of the Dam includes the Baturape-Cindako Volcano Rock Formation namely lava and breccia along with andesite intrusion. The research methods were surface mapping and rock core drilling. Based on subsurface geological investigations, the appropriate rock class for zone 3B is in Block B1 (10-20m), Block A3 (5-10m), and Block D (5-20m) with rock class CH. For zone 3A with CM rock class there are Blok A3 (10-15m), Blok B1 (5-10m), and Blok D (0-5m) and zone 3C there are Blok A3 (1-5m), Blok B1 (5-10m), and Blok D (0-5m) with CM rock class. From the results of rock mechanics laboratory tests, the compressive strength test value is between 33.36 MPa – 67.24 MPa, this shows that rocks have hardness and strength values ranging from moderate to hard. The Rock Quality Designation (RQD) value in the upper 0-10m layer ranges from 13-68 % and the 10-20m layer ranges from 83-99%. Rock fragmentation analysis of the blasting results of the average 100cm rock boulder is 18.74%. Recommendations in the construction of dams in the quarry area, namely the need to adjust the blasting plan to the geological factors found in the field so that fragmentation can be achieved properly.

Keywords: Pamukkulu Dam, Core Drilling, Blasting, Fragmentation

Abstrak. Secara administratif Bendungan Pamukkulu terletak pada Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Litologi pada Bendungan termasuk Formasi Batuan Gunungapi Baturape-Cindako yaitu lava dan breksi beserta retas-retas andesit. Metode penelitian berupa pemetaan permukaan dan pengeboran inti batuan. Berdasarkan investigasi geologi bawah permukaan, kelas batuan yang sesuai zonasi 3B yaitu pada Blok B1 (10-20m), Blok A3 (5-10m), dan Blok D (5-20m) dengan kelas batuan CH. Untuk zona 3A dengan kelas batuan CM terdapat pada Blok A3 (10-15m), Blok B1 (5-10m), dan Blok D (0-5m) dan zona 3C terdapat pada Blok A3 (1-5m), Blok B1 (5-10m), dan Blok D (0-5m) dengan kelas batuan CM. Dari hasil uji laboratorium mekanika batuan nilai Uji Kuat Tekan antara 33.36 MPa–67.24 MPa hal ini menunjukkan batuan memiliki nilai kekerasan dan kekuatan berkisar dari sedang sampai keras. Nilai Rock Quality Designation (RQD) pada lapisan atas 0-10m berkisar 13-68% dan lapisan 10-20m berkisar 83-99%. Analisis Fragmentasi batuan hasil blasting rata-rata boulder batuan berukuran 100cm ialah 18.74%. Rekomendasi dalam pembangunan bendungan pada area quarry yaitu perlunya penyesuaian blasting plan terhadap faktor-faktor geologi yang terdapat dilapangan agar fragmentasi dapat tercapai dengan baik.

Kata Kunci: Bendungan Pamukkulu, Pengeboran Inti, Blasting, Fragmentasi.



1 PENDAHULUAN

Salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN) yang dibangun di Sulawesi Selatan yaitu Bendungan Pamukkulu yang terletak di Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Kabupaten Takalar. Pekerjaan pembangunan Bendungan Pamukkulu ini diharap dapat menambah tampungan air Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan sebagai lumbung pangan nasional. Bendungan ini diperkirakan dapat menampung air sebanyak 77 juta m³ dan mengairi irigasi seluas 6.150 Ha serta penyediaan air baku Kota Takalar 160 liter/detik.

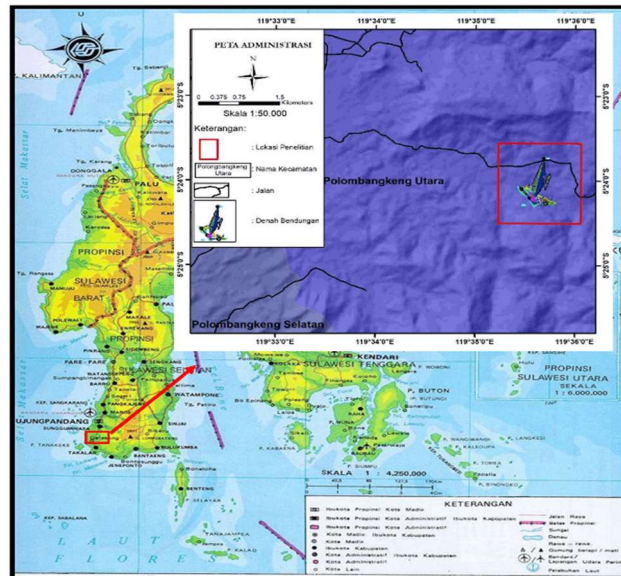
Bendungan Pamukkulu merupakan tipe bendungan Urugan Batu Membran Beton atau *Concrete Face Rockfill Dam (CFRD)*. Dengan spesifikasi tinggi bendungan 64,50 m dengan panjang puncak 860m, dan membutuhkan volume material 2,3 juta m³ tentunya Bendungan Pamukkulu akan menjadi bendungan terbesar ke-3 di Sulawesi Selatan setelah Bendungan Bilibili dan Passeloreng.

Dengan banyaknya volume material yang diperlukan maka perlu dilakukan investigasi geologi dan mekanika tanah dan batuan untuk mengetahui kondisi batuan yang akan digunakan sebagai material timbunan pada tubuh Bendungan Pamukkulu. Serta proses *eksploitasi* menggunakan metode peledakan (*blasting*) untuk pemberaian batuan berdasarkan ukuran fragmentasi untuk setiap zonasi timbunan pada tubuh Bendungan Pamukkulu.

Untuk mendapatkan fragmentasi dan kualitas batuan yang diharapkan maka perlunya *blasting plan* yang terukur dengan meninjau aspek geologi baik itu permukaan dan bawah permukaan. Ukuran fragmentasi dan kualitas batuan sangat penting dalam mengklasifikasikan zonasi material timbunan bendungan. Informasi mengenai kualitas batuan dan ukuran fragmentasi hasil *blasting quarry* sebagai material timbunan Bendungan Pamukkulu. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu Menentukan kualitas batuan sebagai material timbunan pada tubuh Bendungan Pamukkulu dan Menentukan ukuran fragmentasi batuan untuk material timbunan Bendungan Pamukkulu.

2 METODOLOGI

Bendungan Pamukkulu yang terletak di Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polongbangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode penelitian lapangan, metode analisis laboratorium, dan analisis data.

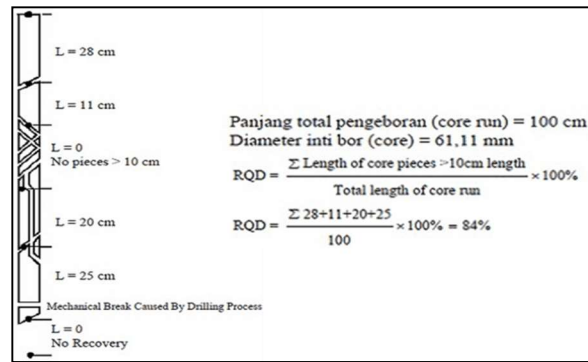
2.1. Metode Prediksi Data

Metode ini meliputi:

- Data primer yang digunakan adalah pengambilan data bawah permukaan berupa data bor (*data logging*) dengan pengeboran *full coring* menggunakan mesin bor.
- Data sekunder yang diperlukan meliputi data geologi regional daerah penelitian dan data aktual geometri *blasting*.

2.2. Metode Analisis

Meliputi pengamatan petrografi, dan mekanika batuan dan perhitungan nilai RQD dan RMR. Serta Analisa fragmentasi batuan metode Kuz-Ram.



Gambar 2. Cara menghitung nilai RQD (Deere, 1966)

Rumus perhitungan Kuz-Ram sebagai berikut :

$$X = A \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0.8} \times Q^{0.17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0.63} \quad (1)$$

Keterangan :

X = Ukuran Fragmentasi rata-rata (cm)

A = Faktor batuan

V_o = Volume batuan per lubang tembak (BxSxL dalam M³)

Q = Jumlah bahan peledak pada setiap lubang ledak (kg)

E = *Relative Weight Strenght* bahan peledak, (ANFO=100, TNT = 115, Dabex 73 = 77)

Untuk menentukan distribusi fragmen batuan hasil peledakan digunakan persamaan Rossin – Ramler (Cunningham, 1983), yaitu:

$$R_x = e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \quad (2)$$

R merupakan persentase material yang tertahan pada ayakan. Hal ini dapat diartikan yaitu bila dilakukan pengayakan, maka terdapat material yang tidak lolos di setiap level *mesh* ayakan.

Keterangan :

R_x = Persentase massa batuan yang tertahan dengan ukuran X (cm)

X_c = Karakteristik ukuran batuan (cm)

X = Ukuran Ayakan (*Screen*) (cm)

n = Indeks Keseragaman

e = Epsilon (2,71828)

X_c dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$X_c = \frac{X_i}{(0.693)^{1/n}} \quad (3)$$

2.3. Pengolahan Data Akhir

Pengolahan data akhir, yaitu data yang telah diperoleh dianalisa secara detail dan diinterpretasi serta dilakukan penarikan kesimpulan mengenai kondisi daerah penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Geologi Daerah Penelitian

Pengelompokan dan penamaan satuan batuan pada daerah penelitian didasarkan atas litostratigrafi tidak resmi. Berdasarkan interpretasi, pengamatan lapangan maka stratigrafi daerah penelitian, dibagi menjadi tiga satuan batuan, mulai dari yang termuda hingga yang tertua yaitu satuan basal, satuan breksi vulkanik, dan intrusi andesit

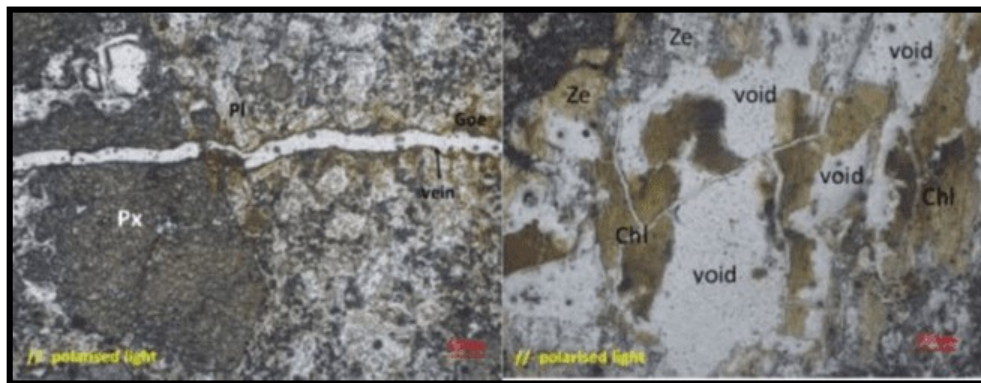
Kenampakan lapangan dari satuan breksi vulkanik dalam keadaan segar berwarna abu-abu kehitaman dan dalam keadaan lapuk berwarna coklat, tekstur porfiroafanitik, komposisi batuan terdiri atas fragmen, matriks, dan semen. Fragmen batuan beku (basal) dengan ukuran fragmen bervariasi yaitu kerakal - berangkal (4-64 mm), matriks terdiri dari tufa dan debu vulkanik, serta semen silika, struktur tidak berlapis. Berdasarkan ciri fisiknya, maka nama batuan ini adalah breksi vulkanik.



Gambar 3. Kenampakan breksi vulkanik pada STA 0+720.

Untuk litologi basal memiliki kenampakan lapangan yaitu ciri fisik dengan warna segar berwarna abu-abu kehitaman dan warna lapuk berwarna abu-abu kecoklatan, tekstur kristalinitas hipokristalin, bentuk subhedral-anhedral, struktur masif. Komposisi mineral piroksin, biotit, plagioklas dan gelas. Berdasarkan ciri fisiknya, maka nama batuan ini adalah basal (Travis, 1955).

12



Gambar 4. Kenampakan nikol sejajar sampel ST-250 Basal

Intrusi andesit yang menerobos batuan lebih tua yaitu breksi dan basal banyak terdapat di daerah penelitian memiliki ciri fisik warna segar berwarna abu-abu dan warna lapuk berwarna abu-abu kecoklatan, tekstur kristalinitas holohyalin, bentuk subhedral-anhedral, struktur masif. Komposisi mineral kuarsa, biotit, plagioklas dan gelas. Berdasarkan ciri fisiknya, maka nama batuan ini adalah andesit (Travis, 1955). Satuan andesit ini dijumpai dalam bentuk intrusi *dike/sill*.

3.2. Uji Labolatorium Mekanika Batuan

Uji Mekanika batuan diamati secara visual dan analisis laboratorium dari pekerjaan pengambilan contoh dari inti batuan hasil pengeboran, uji ini untuk mendapatkan informasi mengenai sifat – sifat indeks dan sifat – sifat teknik.

Tabel 1. Deskripsi Data Litologi, Kelas Batuan, dan RQD

No	Bore Hole	Depth (m)		Lithology	Rock Class	RQD (%)
1	SI – 08	0.0 – 3.0	3	Transported soil, sandy Clay	D	0
		3.0 – 7.5	4.5	Breksi	D	0
		7.5 – 8.0	0.5	Breksi	CH	41
2	SI – 08B	0.0 – 1.0	1	Basalt, Broken Core	D	0
		1.0 – 2.7	1.7	Basalt	CL-CM	32-66
		2.7 – 5.0	2.3	Basalt	CM	61-80
		5.0 – 8.0	3	Basalt	CL	0-30
		8.0 – 20	12	Basalt	CH	83.5-99
3	SI – 09	0.0 – 1.0	1	Basalt, broken core	CL	0
		1.0 – 3.3	2.3	Basalt, broken core	CM	18-70
		3.3 – 4.7	1.4	Basalt	CH	57-79
		4.7 – 5.0	0.3	Basalt	CM	-
		5.0 – 9.3	4.3	Basalt	CH	79-98
		9.3 – 9.8	0.5	Basalt	CM	96
		9.8 – 14.7	4.9	Basalt	CH	88.5-98

		14.7 – 15.4	0.7	Basalt	CL-CM	97
		15.4 – 20	4.6	Basalt	CH-B	97-99
4	SI – 10	0.0 – 0.3	0.3	Basalt, <i>broken core</i>	D	-
		0.3 – 12.0	11.7	Basalt	CL	11-96
		12 – 15	3	Basalt	CH	93-99
		15 – 19.4	4.4	Basalt	CM	70-94
		19.4 – 20	0.6	Basalt	CH	93
5	SI – 11	0.0 – 1.0	1	Basalt, <i>broken core</i>	CL	14
		1.0 – 2.4	1.4	Basalt	CH	91
		2.4 – 2.6	0.2	<i>Lose core</i>	-	-
		2.6 – 8.2	5.6	Basalt, struktur vesikuler	CH	65-99
		8.2 – 20	11.8	Basalt	CH – B	87-99
6	SI – 12	0.0 – 0.3	0.3	Basalt, <i>broken core</i>	CL	-
		0.3 – 1.6	1.3	Basalt	CL-CM	49-76
		1.6 – 8.2	6.6	Basalt	CH	62-98
		8.2 – 9.2	1	Basalt	CM	82
		9.2 – 16.3	7.1	Basalt	CH	71-98
		16.3 – 17.4	1.1	Basalt	CM	85
		17.4 – 20	2.6	Basalt	CH	83-93

3.3. Analisa Hasil Uji Laboratorium

3.3.1 Sampel Batuan SI-08



Gambar 5. Kenampakan breksi vulkanik pada SI-08

Sampel batuan SI-08 pada kedalaman lebih dari 7 meter sesuai untuk material timbunan zona 3C.

3.3.2 Sampel Batuan SI-09



Gambar 6. Foto sampel batuan SI-09 kedalaman 15-20 m

Sampel batuan SI-09 kedalaman 0-10 meter sesuai untuk timbunan zona 3A dan 3B, kedalaman 10-15 meter sesuai untuk zona 3C, dan kedalaman 15-20 meter sesuai untuk zona 3A dan 3B

3.3.3 Sampel Batuan SI-10



Gambar 7. Foto sampel batuan SI-10 kedalaman 0-5 m

Sampel batuan SI-10 menunjukkan nilai batuan pada kedalaman lebih 10 meter baik digunakan untuk zona timbunan 3C

3.3.4 Sampel Batuan SI-11



Gambar 8. Foto sampel batuan SI-11 kedalaman 15-20 m

Sampel batuan SI-11 menunjukkan kedalaman 0-5 meter baik digunakan untuk timbunan zona 3C, pada kedalaman 5-20 meter baik digunakan untuk zona 3A dan 3B.

3.3.5 Sampel Batuan SI-12



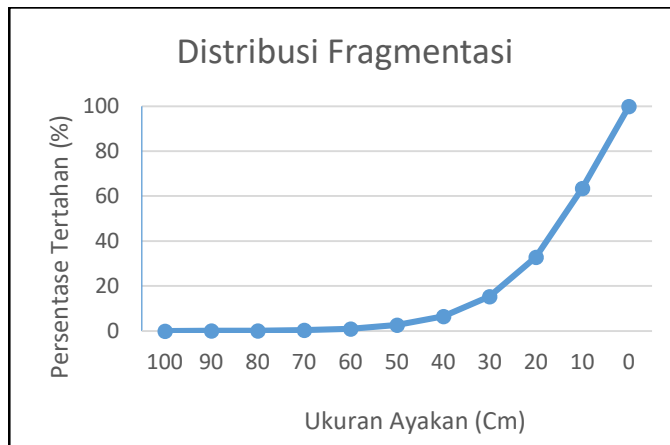
Gambar 9. Foto sampel batuan SI-12 kedalaman 10-15 m

Sampel batuan SI-12 pada kedalaman 10-20 meter baik digunakan untuk zona 3C

3.4 Perbandingan Analisa Fragmentasi Metode Kuz-Ram dan Aktual Lapangan

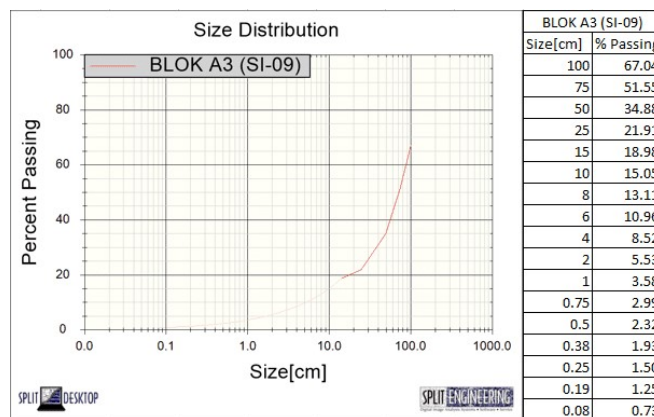
3.4.1 Geometri I (Blok A3)

Pada geometri I yang diterapkan pada blok A3 Quarry I yang mana sebelumnya merupakan titik bor SI-09 diameter lubang bor 3,5 inc, dengan menggunakan burden 2.75 m, spasi 3 m, kedalaman lubang 5.5 m, stemming 2 m, dan subdrilling 0.2 m. Dengan total lubang ledak sebanyak 41 lubang, serta penggunaan bahan peledak sebanyak 275 kg ANFO, dan 725 kg emulsion, menghasilkan volume sebesar 1.860.38 BCM. Dengan nilai powder factor (PF) 0.5 kg/m³. Geometri ini diperuntukkan untuk material timbunan 3B.



Grafik 10. Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram Geometri I Blok A3

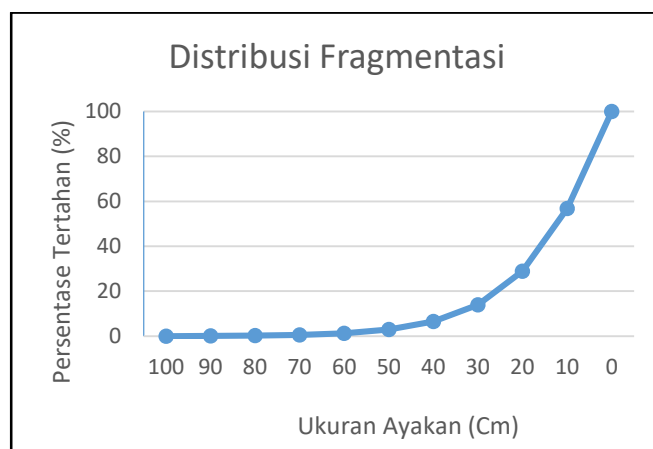
Berdasarkan hasil rock blastability index yaitu 29.65 sehingga nilai prediksi fragmentasi metode Kuzram didapatkan ukuran fragmentasi rata-rata 12,42 cm. sebagaimana tergambar dalam grafik diatas. Hasil analisa menunjukkan masih terdapat material boulder diatas 100 cm sebesar 32.96 % menunjukkan nilai fragmentasi rata-rata (F80) 126 cm. Persentase material dengan ukuran 100 cm jauh diatas 15%.



Gambar 11. Distribusi Fragmentasi Aktual Geometri I Blok A3 (Split Desktop)

3.4.2 Geometri II (Blok B1)

Pada geometri II yang diterapkan pada blok B1 Quarry I, yang mana sebelumnya merupakan titik bor SI-8B, diameter lubang bor 3,5 inc, dengan menggunakan *burden* 2.75 m, spasi 3 m, kedalaman lubang 6 m, *stemming* 1.8 m, dan *subdrilling* 0.2 m. Dengan total lubang ledak sebanyak 31 lubang, serta penggunaan bahan peledak sebanyak 35 kg ANFO, dan 82 kg emulsion, menghasilkan volume sebesar 643.50 BCM. Dengan nilai *powder factor* (PF) 0.6 kg/m³. Geometri ini diperuntukkan untuk menghasilkan material timbunan 3C. Berdasarkan hasil *rock blastability index* yaitu 32,9 sehingga nilai prediksi fragmentasi metode Kuzram didapatkan ukuran fragmentasi rata-rata 13,17 cm. sebagaimana tergambar dalam grafik dibawah ini :



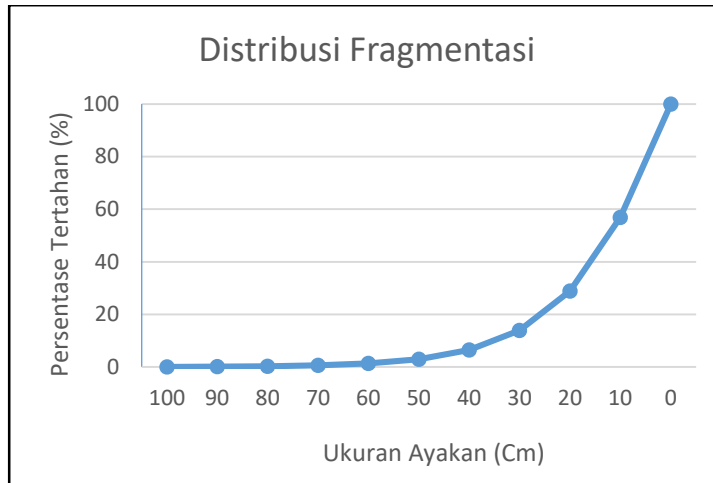
Gambar 12. Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram Geometri II Blok B1

Hasil analisa menunjukkan fragmentasi batuan ukuran 100 cm tidak ada. Nilai fragmentasi rata-rata (F80) 29.46 cm. Persentase material dengan ukuran 100 cm dibawah 15%. Hasil ini menunjukkan bahwa prediksi dari metode Kuzram sesuai yang diharapkan dilapangan dengan ukuran framentasi rata-rata 13 cm.

3.4.3 Geometri III (Blok B1)

Pada geometri III yang mana sebelumnya merupakan titik bor SI-10, diameter lubang bor 3,5 inc, dengan menggunakan *burden* 2.50 m, spasi 2.75 m, kedalaman lubang 4.5 m, *stemming* 1.8 m, dan *subdrilling* 0.2 m. Dengan total lubang ledak sebanyak 58 lubang, serta penggunaan bahan peledak sebanyak 352 kg ANFO, dan 822 kg *emulsion*, menghasilkan volume sebesar 1.794.38 BCM. Geometri ini diperuntukkan untuk menghasilkan material timbunan 3C. Dengan nilai *powder factor* 0.65 kg/m³.

Berdasarkan hasil *rock blastability index* yaitu 27,95 sehingga nilai prediksi fragmentasi metode Kuzram didapatkan ukuran fragmentasi rata-rata 10.14 cm. sebagaimana tergambar dalam grafik dibawah ini



Gambar 13. Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram Geometri II Blok B1



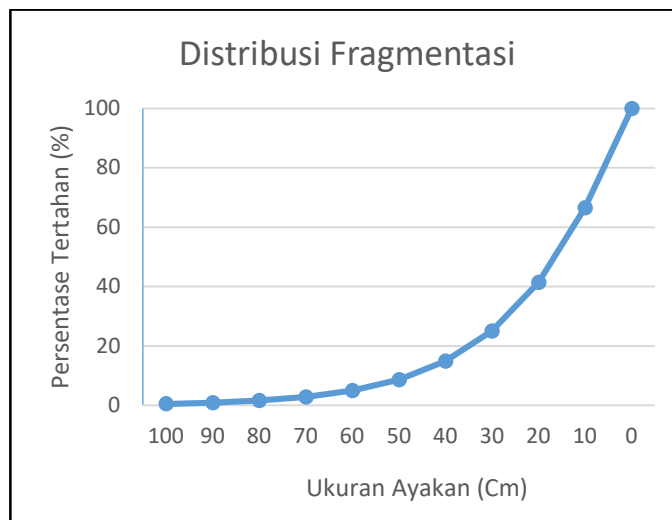
Gambar 14. Distribusi Fragmentasi Aktual Geometri III Blok B1 (*Split Desktop*)

Hasil analisa menunjukkan fragmentasi batuan ukuran 100 cm tidak ada. Nilai fragmentasi rata-rata (F80) 36.80 cm. Persentase material dengan ukuran 100 cm dibawah 15%. Hasil ini menunjukkan telah memenuhi aspek gradasi timbunan 3C dimana fragmentasi <2.5 cm maksimal 30%.

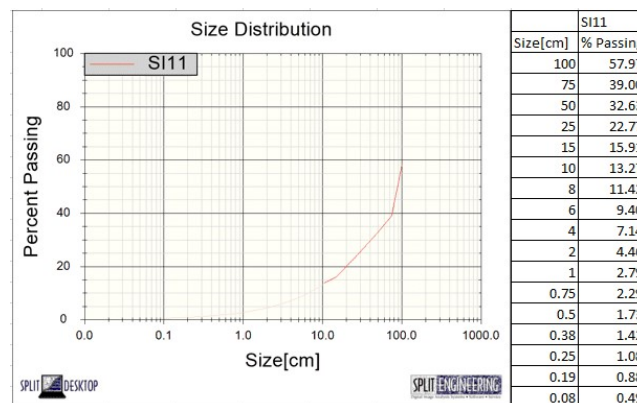
3.4.4 Geometri IV (Blok D)

Pada geometri IV yang diterapkan pada blok D *Quarry* I yang mana sebelumnya merupakan titik bor SI-11, diameter lubang bor 3,8 inc, dengan menggunakan *burden* 3 m, spasi 3.50 m, kedalaman lubang 6 m, *stemming* 1.5 m, dan *subdrilling* 0.2 m. Dengan total lubang ledak sebanyak 85 lubang, serta penggunaan bahan peledak sebanyak 803 kg

ANFO, dan 1874 kg *emulsion*, menghasilkan volume sebesar 5.355.00 BCM. Geometri ini diperuntukkan untuk zonasi 3C. Dengan nilai powder factor sebesar 0.6 kg/m³.



Gambar 15 Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram Geometri IV Blok D.



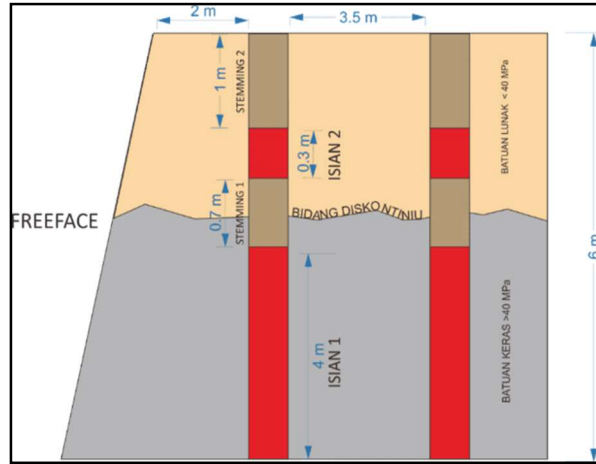
Gambar 16. Distribusi Fragmentasi Aktual Geometri IV Blok D (*Split Desktop*)

Hasil analisa menunjukkan fragmentasi batuan ukuran 100 cm melebihi 15%. Nilai fragmentasi rata-rata (F80) 124 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa prediksi dari metode Kuzram tidak sesuai yang diharapkan dilapangan dengan ukuran framentasi rata-rata 13 cm. Akan tetapi fragmentasi yang lolos 100 cm sekitar 57.97 % Sebagaimana tertuang di spesifikasi teknis dengan nilai UCS 33.82 MPa pada kedalaman 0-5 meter maka material pada Blok D digolongkan material 3C.

3.5 Rekomendasi Perbaikan Pola Peledakan Quarry I

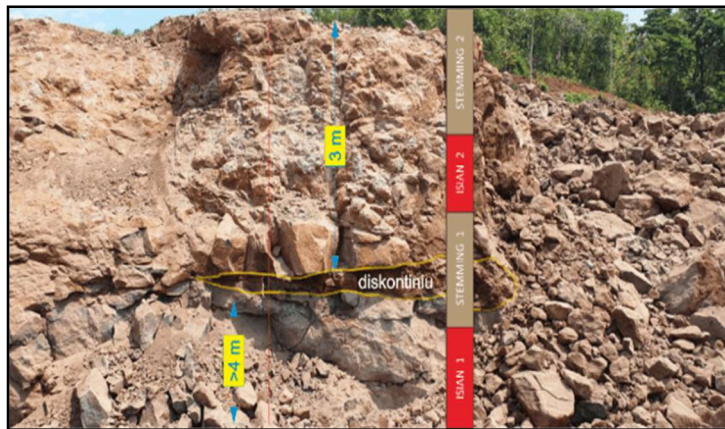
Dalam usaha memperbaiki fragmentasi batuan untuk memperoleh batuan hasil ledakan pada ukuran ≥ 100 cm dengan persentase di bawah 15%, maka akan dibahas hal-hal yang berhubungan dengan perbaikan fragmentasi yaitu analisa geometri peledakan dan distribusi

fragmentasi. Salah satu usulan metode yang dapat digunakan yaitu *double deck* tujuannya agar distribusi energi ledakan akan maksimal pada bidang lemah terutama pada zona material keras di bagian bawah serta material lunak pada kolom *stemming*.



Gambar 17. Metode *Double Deck*

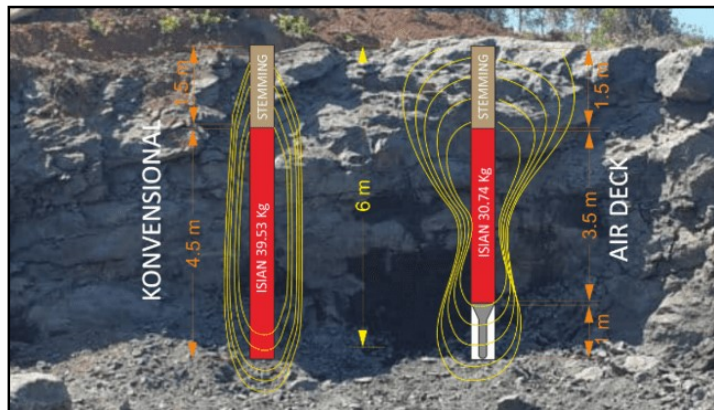
Terdapat tiga kunci untuk mendapatkan efisiensi peledakan untuk mendapatkan fragmentasi yang diharapkan yaitu rekayasa pada *energy level*, *energy distribution*, dan *energy confinement*. *Double deck* salah satu metode dengan merekayasa distribusi energi dengan menggunakan densitas bahan peledak yang cocok untuk batuan keras dibagian bawah dan juga pada kolom *stemming* bagian atas. Dengan menggunakan bahan peledak jenis ANFO dan *emulsion* isian pertama dan bahan peledak jenis Daya Gel pada isian kedua. Dan untuk memperkuat *confinement degree* dengan menggunakan material *stemming* berupa *gravel* berukuran 1-3 cm untuk diameter lubang bor 3.5 inc, dan tidak direkomendasikan menggunakan *cutting* sisa pengeboran sebagai material *stemming*. Hal ini dilakukan agar dapat menahan daya ledak yang sangat besar untuk mendapatkan fragmentasi yang optimum.



Gambar 18. Aplikasi Metode *Double Deck* pada Quarry I

Rekomendasi yang kedua yaitu menggunakan metode *bottom air deck*, *air decking* merupakan salah satu solusi dimana membuat rongga udara pada kolom bahan peledak yang berfungsi untuk membuat perangkat energi dan mengurangi *loses* energi secara vertikal. rongga udara yang ada akan menyebabkan energi hasil ledakan akan merata ke sekitar lubang dan menciptakan fragmentasi peledakan yang lebih seragam dibanding tanpa menggunakan *air deck* (konvensional).

Air Deck Length (ADL) yang diterapkan berbeda-beda sesuai massa batuan sekitar peledakan. Faktor yang mempengaruhi ADL adalah *air deck factor* (ADF) dari nilai *Rock Mass Rating* (RMR). Hubungan antara ADF dan RMR berbanding terbalik, dimana semakin besar nilai RMR batuan yang akan diledakkan maka nilai ADF untuk batuan tersebut semakin kecil, begitu juga sebaliknya.



Gambar 19. Aplikasi Penggunaan *Bottom Air Decking* pada *Quarry I*

Air deck menciptakan ruang kosong dengan menyediakan tambahan permukaan yang bebas di dalam lubang ledak. Tambahan permukaan yang bebas diperlukan sebagai ruang pengaliran gelombang kejut selama peledakan. Ruang kosong yang telah disediakan dapat memantulkan gelombang kejut yang membantu retaknya batuan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada Daerah Kale Ko'mara, Kecamatan Polombangkén Utara, Kabupaten Takalar pada Pembangunan Bendungan Pamukkulu dapat disimpulkan bahwa:

1. Secara umum hasil uji laboratorium dari sampel batuan menunjukkan kualitas dan kekerasan sedang, hanya sampel SI-8B, SI-09, dan SI-11 pada kedalaman 5-20 m yang menunjukkan hasil bagus sesuai spesifikasi teknis untuk material timbunan zona 3B dengan kelas batuan CH. Sedangkan untuk material timbunan zona 3C didapatkan pada sampel SI-08, SI-08B, SI-09, SI-10, SI-11, dan SI-12 mulai dari

kedalaman 0-10 meter dengan kelas batuan CM dan untuk material timbunan zona 3A didapatkan pada sampel SI-08B, SI-09, dan SI-11 pada kedalaman 10-20 meter dengan kelas batuan CH. Untuk peruntukan zona 3D belum didapatkan pada Quarry I dikarenakan belum memenuhi syarat material timbunan zona 3D yang memiliki nilai UCS > 70 MPa dan dimensi lebih dari 1 meter.

2. Berdasarkan spesifikasi teknis ukuran fragmentasi batuan yang dikatakan boulder yang tertahan pada ukuran ayakan 100 cm maksimal 15 % dari setiap kegiatan peledakan. Adapun Analisis mengenai distribusi fragmentasi batuan dari data aktual geometri peledakan menggunakan Software Split Dekstop menunjukkan persentasi rata-rata boulder dari empat kali peledakan yaitu 18.8%. Angka ini masih tidak sesuai dengan angka persentase maksimal yang ditetapkan dan perlu dilakukan perbaikan fragmentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ash. R.L.1963. *The Mechanics of Rock Breakage*. Cleveland : Pit and Quarry Magazine
- Bhandari, Sushil. 1997. *Engineering Rock Blasting Operations*. Netherland : Balkema/ Rotterdam/Brookfield
- Bieniawski, Z.T., 1989, *Engineering Rock Mass Clasification : A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*. Canada : John Wiley & Sons Inc
- Cunningham, C,V,B. 1983. *The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting, First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Lulea, Sweden.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005. Dirjen Sumber Daya Air. Pedoman Grouting Untuk Bendungan. Jakarta.
- Deere, D.U., and Miller, R.P., 1966, *Engineering Classification and Index Properties for Intact Rocks. Technical Report, Air Force Weapons Laboratory*, New Mexico
- ISRM., 1981, *Suggested Methods For The Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses*. UK Oxford: Pengamon Press
- Kementerian PUPR Balai Besar Sungai Pompengan Jeneberang. 2017. *Spesifikasi Teknis Perencanaan Pembangunan Bendungan Pamukkulu*.
- Konya, C.V.B. 1983. *The Kuz-Ram Model for Prediction of Fragmentation From Blasting*. Proceedings Of First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. Lulea.



- Lilly, P.A.1986. *The Use Of The Blastability Index in The Design Of Blast For Open Pit Mines*. AusIMM/IEAust Last Open Pit Mining Conference. Newman.
- Priest, S.D., and Hudson, J.A., 1976, *Discontinuity Spacing in Rock*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts
- PT. Gilgal Batu Alam Lestari, 2018. Dokumen UKL-UPL.
- Sukamto, R & Supriatna, S., 1982, *Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Direktorat Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi.
- The Journal of Impact & Esg. 1992. *Rock Mass Classification of the Central Research Insitute of Electric Power Industry (CRIEPI), In Japan Society of Engineering Geology*. Rock Mass Clasification in Japan:-Engineering Geology Special Issue. Japan.
- Travis, Russel B., 1955, *Classification of Rocks*, Colorado School of Mines. Colorado.
- W.Hustrulid. 1999. *Blasting Principles For Open Pit Mining*. Netherland : Balkema/Rotterdam/Brookfield.