

**KAJIAN TEKNIS GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK
MENDAPATKAN HASIL YANG OPTIMUM DI LOKASI
PENAMBANGAN BATU GAMPING AREA 242 PT SEMEN PADANG**

SKRIPSI



ANGGA FALERON

F1D119057

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK KEBUMILAN**

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS JAMBI

2023

**KAJIAN TEKNIS GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK
MENDAPATKAN HASIL YANG OPTIMUM DI LOKASI
PENAMBANGAN BATU GAMPING AREA 242 PT SEMEN PADANG**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertambangan



**ANGGA FALERON
F1D119057**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK KEBUMIHAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2023**

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang baik dan benar.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 06 Desember 2023

Yang Menyatakan,



ANGGA FALERON

F1D119057

HALAMAN PENGESAHAN

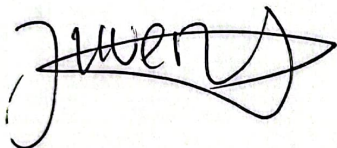
Skripsi dengan judul **KAJIAN TEKNIS GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK MENDAPATKAN HASIL YANG OPTIMUM DI LOKASI PENAMBANGAN BATU GAMPING AREA 242 PT SEMEN PADANG** yang disusun oleh **ANGGA FALERON NIM F1D119057** telah dipertahankan di depan tim penguji pada tanggal 06 Desember 2023 dan dinyatakan lulus.

Susunan Tim Penguji :

Ketua	: Juventa, S.T., M.T.
Sekretaris	: Muhammad El Hakim, S.T., M.T.
Anggota	: 1. Ir. Aditya Denny Prabawa, S.T., M.T. 2. Muhammad Ikrar Lagowa, S.T., M.Eng.Sc. 3. Yudi Arista Yulanda, S.T., M.T.

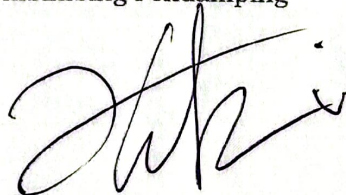
Disetujui :

Pembimbing Utama



Juventa, S.T., M.T.
NIP. 199003062019031012

Pembimbing Pendamping



Muhammad El Hakim, S.T., M.T.
NIP. 199306252022031012

Diketahui :

Dekan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Jambi



Dr. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T.
NIP. 196306021993031004

Ketua Jurusan Teknik Kebumihan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Jambi



Dr. Lenny Marlinda, S.T., M.T.
NIP. 197907062008122002

RINGKASAN

Hal yang perlu dipertimbangkan ketika melakukan peledakan yaitu fragmentasi yang bagus, target produksi tercapai dan biaya handak yang rendah. Kegiatan peledakan dapat dikatakan berhasil dari nilai fragmentasi atau hasil peledakan yang dilakukan sesuai dengan nilai standar yang telah ditetapkan oleh masing-masing perusahaan, Pada bulan mei target produksi PT semen padang tidak tercapai, serta biaya peledakan yang mahal dengan fragmentasi peledakan yang bagus, sehingga perlu dilakukan peninjauan kembali terhadap geometri peledakan untuk mendapat hasil yang optimum. Proses peledakan dapat dilihat pada fragmentasi batuan hasil peledakan. Tujuan dari dilakukannya penelitian yaitu agar mengetahui geometri peledakan aktual yang di terapkan lapangan, mengetahui ukuran fragmentasi, biaya handak dan target produksi hasil peledakan dengan berdasarkan geometri yang di pakai, mengetahui geometri peledakan yang efektif agar hasil fragmentasi, biaya handak dan target produksi dari peledakan yang dilakukan oleh PT Semen Padang memenuhi umpan crusher. Dari hasil penelitian dan perhitungan di lapangan didapatkan bahwa pada PT Semen Padang menggunakan geometri peledakan dengan rata - rata burden dan spasi 3,7 dan 4, kedalaman lubang yang dipakai 10,8 m, stemming 4 m, dan panjang isian yaitu 6,8 m. Pada geometri aktual ini didapatkan rata-rata hasil fragmentasi P80 pada screen ≤ 80 cm yaitu 54 cm, biaya handak sebesar Rp. 1.476.300 perlubang, dan dengan rata-rata volume batuan terbongkar 29.650 ton/hari. Maka Perlu adanya perubahan geomteri peledakan yang dipakai agar dapat memenuhi volume batuan yang terbongkar yang diminta yaitu 35.000 ton/hari dan menggunakan biaya yang serendah-rendahnya.

Kata kunci : Peledakan, fragmentasi batuan, volume tonase batuan yag terbongkar, geometri peledakan, biaya handak

SUMMARY

Things that need to be considered when blasting are good fragmentation, achieving production targets and low explosive costs. The blasting activity can be said to be successful from the fragmentation value or the results of the blasting carried out in accordance with the standard values set by each company. In May, PT Semen Padang's production target was not achieved, as well as the blasting costs being expensive with good blasting fragmentation, so it is necessary A review of the blasting geometry was carried out to obtain optimum results. The blasting process can be seen in the fragmentation of blasted rocks. The aim of the research is to find out the actual blasting geometry that is applied in the field, to know the size of fragmentation, the cost of explosives and the production targets for blasting results based on the geometry used, to find out the effective blasting geometry for fragmentation results, the cost of explosives and production targets for blasting. carried out by PT Semen Padang to fulfill crusher feed. From the results of research and calculations in the field, it was found that PT Semen Padang used blasting geometry with an average burden and spacing of 3.7 and 4, the hole depth used was 10.8 m, stemming was 4 m, and the fill length was 6.8 m. . In this actual geometry, the average result of P80 fragmentation on a screen ≤ 80 cm is 54 cm, the explosive cost is IDR. 1,476,300 holes were drilled, and the average volume of rock uncovered was 29,650 tons/day. So it is necessary to change the blasting geometry used in order to meet the requested volume of exposed rock, namely 35,000 tons/day and use the lowest possible cost.

Key words: Blasting, rock fragmentation, volume of exposed rock tonnage, blasting geometry, explosives costs

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Angga Faleron, di lahirkan pada tanggal 04 Januari 2000 di Ombilin, dan penulis merupakan putra dari pasangan suami istri bapak Marlius (Alm) dan Marni. Alamat rumah penulis yaitu Kampuang Tengah Jorong Ombilin Kecamatan Rambatan, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD 07 Ombilin Simawang pada tahun 2013, dilanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP N 2 Rambatan dan lulus pada tahun 2016. Setelah itu melanjutkan ke sekolah menengah atas di SMA N 1 Batipuh dan selesai pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis masuk menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Jambi.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Proposal Penelitian yang berjudul **“Kajian Teknis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Hasil Yang Optimum Di Lokasi Penambangan Batu Gamping Area 242 PT Semen Padang”**. Proposal Penelitian ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program Sarjana di Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi. Penulis memahami bahwa tanpa bantuan, doa, dan bimbingan dari semua orang akan sangat sulit untuk menyelesaikan Proposal Penelitian ini. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan dan kontribusi kepada :

1. Ibu Marni, selaku Orang Tua yang sangat saya sayangi dan saya cintai karena telah memberikan support berupa doa dan kebutuhan biaya.
2. Bapak M. Ikrar Lagowa, S.T., M.Eng.sc., selaku Koordinator Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Jambi
3. Bapak Juventa, S.T., M.T., selaku Pembimbing pertama yang telah memberikan arahan dan masukan selama penyusunan proposal penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak Muhammad El Hakim, S.T., M.T., selaku Pembimbing kedua yang telah memberikan arahan dan masukan selama penyusunan proposal penelitian tugas akhir ini.
5. Bapak Melandra Wahyu Dwi Putra, S.T., selaku PJO peledakan yang sekaligus menjadi pembimbing lapangan selama melakukan penelitian yang telah memberikan masukan dan arahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir
6. Kak Acil, selaku Juru Ledak sekaligus pembimbing lapangan selama melakukan penelitian yang telah memberikan masukan dan nasehat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir.
7. PT Dahana yang turut membantu dalam pengambilan data penelitian.
8. Keluarga Umar, selaku keluarga saya yang telah memberikan dukungan berupa nasihat dan kebutuhan biaya.
9. Seluruh mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Jambi Angkatan 2019 sebagai Teman Satu Korsa saya ; dan
10. Pihak lainnya yang belum disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan bagi penulis demi

kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca sebagai acuan dalam pembelajaran

Jambi, 06 Desember 2023

Yang menyatakan,



ANGGA FALERON

(F1D119057)

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN.....	iii
SUMMARY.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN UMUM.....	4
2.1 Pengeboran.....	4
2.1.1. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Pengeboran	4
2.1.2. Pola Pengeboran.....	4
2.1.3. Metode Pengeboran.....	5
2.2 Peledakan	6
2.3 Pola Peledakan.....	6
2.4 Geometri Peledakan	8
2.4.1. Analisis Fragmentasi Metode <i>Kuz-Ram</i>	8
2.4.2. R.L Ash	9
2.4.3. C.J.Konya	12
2.4.4. ICI Explosives	13

2.4.5.	Anderson	14
2.5	Fragmentasi Hasil Peledakan	16
2.6	Nilai Optimum	17
2.7	Bahan Peledak	18
2.8	Sifat Fisik Bahan Peledak	19
2.9	Karakteristik Detonasi Peledak	20
2.10	Hubungan Isian Bahan Peledak dengan Distribusi Ukuran Fragmen	20
2.11	Penggunaan Aplikasi <i>software Wipfrag</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	22
3.2	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	23
3.3	Alat	23
3.4	Metode Penelitian	23
3.5	Tahapan Penelitian	24
3.5.1.	Pengambilan Data	24
3.5.2.	Analisis Data	25
3.6	Diagram Penelitian	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		28
4.1	Lokasi Penelitian	28
4.2	Geometri Peledakan Aktual	29
4.3	Karakteristik Batuan	31
4.4	Analisis Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan dengan menggunakan metode <i>Kuz-Ram</i> dan <i>Software Wipfrag</i>	32
4.5	Rekomendasi Geometri Peledakan Berdasarkan Perhitungan R.L. Ash, C.J. Konya, ICI Explosives, dan Anderson dan Prediksi Fragmentasi Menggunakan <i>Kuz-Ram</i>	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		38
5.1	Kesimpulan	38
5.2	Saran	39
DAFTAR PUSTAKA		40

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai dan Jenis Pembobotan	16
Tabel 2. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan.....	23
Tabel 3. Geometri Peledakan Aktual Area 242.....	29
Tabel 4. Blastability Indeks.....	31
Tabel 5. Fragmentasi peledakan Geometri Aktual	32
Tabel 6. Standar Deviasi	33
Tabel 7. Rekomendasi Geometri Menurut R.L. Ash, C.J. Konya, ICI Explosive, dan Anderson	35
Tabel 8. Perencanaan Ulang Geometri Peledakkan.....	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola Pengeboran.....	5
Gambar 2. Form Rencana Peledakan	6
Gambar 3. Pola peledakan Box Cut.....	7
Gambar 4. Pola peledakan V-Cut.....	7
Gambar 5. Pola peledakan Corner Cut.....	7
Gambar 6. Peta Kesampain Daerah	22
Gambar 7. Foto yang mewakili fragmentasi hasil peledakan	25
Gambar 8. Lokasi Penelitian di Area Bukit Tarajang	28
Gambar 9. Grafik Geometri Peledakan Aktual.....	31
Gambar 10. Prediksi Fragmentasi Aktual.....	87
Gambar 11. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode R.L.Ash	96
Gambar 12. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode C.J.Konya	98
Gambar 13. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode ICI Explosives	100
Gambar 14. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode Anderson	102

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Geometri Peledakan dan Fragmentasi Aktual	43
Lampiran 2. Perhitungan Teoritis Fragmentasi Dengan Metode Kuz-Ram	58
Lampiran 3. Perhitungan Geometri Rekomendasi Menurut R.L.Ash, C.J. Konya, ICI Explosives dan Anderson.....	88
Lampiran 4. Prediksi ukuran fragmentasi batuan menggunakan geometri peledakan menurut perhitungan teori R.L Ash, C.j. Konya, ICI Explosives, dan Anderson	94
Lampiran 5. Biaya Bahan Peledak	103
Lampiran 6. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Menggunakan Software Wipfrag 3.3.....	105
Lampiran 7. Spesifikasi Alat Bot HCR-1500 II	120
Lampiran 8. Peta Geologi Regional PT Semen Padang	122

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Semen Padang merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang bergerak dalam industri pembuatan semen dengan bahan baku utama yaitu batu gamping, menggunakan metode penambangan tambang terbuka dengan sistem *quarry*. Batu gamping adalah batuan sedimen yang umumnya terbuat dari kalsium karbonat yang berasal dari bagian sisa organisme laut, misalnya kerang, siput laut, dan koral yang sudah mati. Batu gamping merupakan bahan baku yang digunakan untuk membuat produk semen Padang.

Penambangan batuan keras memerlukan peledakan untuk memecahkan batuan guna memudahkan kegiatan penggalian (*digging*). Tujuan dari kegiatan peledakan (*blasting*) adalah untuk menghilangkan atau memecahkan material dari batuan induk sehingga fragmen yang dihasilkan memiliki ukuran yang memudahkan kegiatan penambangan selanjutnya, tidak dilakukannya peledakan, maka akan menyulitkan dalam proses pemuatan material. Kegiatan peledakan yang dilakukan menggunakan bahan peledak Dabex 73, *detonator listrik/eldeto, booster, inhole delay detonator 500 ms, syrface delay*. Keberhasilan proses peledakan dapat dilihat dari fragmentasi batuan hasil peledakan yang memungkinkan untuk proses selanjutnya yaitu *loading* (pemuatan) dan *crushing* (peremukan). Selama *loading* (pemuatan), Fragmentasi batuan berperan dalam mengoptimalkan tingkat penggalian (*digging rate*) *excavator*. Menurut Dian dan Dedi (2019) untuk mencapai proses crusher yang terbaik, juga ditentukan ukuran crusher yaitu $P80 \leq 80\text{Cm}$. Oleh karena itu, distribusi fragmen batuan yang dihasilkan dari upaya peledakan memenuhi kriteria tersebut

Kusuma, (2022) menjelaskan data geometri peledakan aktual yang digunakan, didapatkan rata-rata *Burden* 3,2 meter, spasi 4 meter, *stemming* 3,2 meter, panjang kolom isian 6,4 meter, tinggi jenjang 9,8 meter, tonase batuan yang terbongkar sebesar 23.913 ton/hari, dengan menggunakan usulan ICI Explosives. Menurut Gianto (2021) data geometri peledakan aktual yang digunakan, didapatkan rata-rata *Burden* 4 meter, spasi 5 meter, *stemming* 4 meter, panjang kolom isian 6 meter, tinggi jenjang 10 meter, dengan menggunakan usulan C.J konya dan hanya menfokuskan pada *diging time* dan pola peledakan. Menurut Ghanda (2020) data geometri peledakan aktual yang digunakan, didapatkan rata-rata *Burden* 4,4 meter, spasi 4,4 meter, *stemming* 5 meter, panjang kolom isian 5 meter, tinggi jenjang 10 meter, dengan membandingkan 2 front untuk melihat perbedaan fragmentasi dengan geometri

yang berbeda, dan mengacu pada keseragaman ukuran dan tidak terlalu banyak bongkahan untuk mendapatkan fragmentasi yang sesuai ayakan <100 cm. Perbedaan penelitian ini dari penelitian sebelumnya adalah menfokuskan pada nilai yang optimum seperti fragmentasinya bagus, target produksinya tercapai, dan pemakaian biaya handak yang rendah dengan menggunakan usulan Anderson.

Setelah melakukan pengamatan di wilayah 242 PT Semen Padang, dari tanggal 22 mei sampai tanggal 23 juni. Dan di dapat bahwa masih ada beberapa peledakan yang dilakukan masih belum memenuhi target produksi yang diharapkan oleh PT. Semen Padang sebesar 35.000 ton/hari dan Menurut Novalia, dkk (2022) biaya peledakan yang dikeluarkan sebesar Rp. 826.489.465 masih belum mendapatkan target produksi yang diinginkan. Ditinjau dari target produksi bulan Maret sebesar 530.448 ton, realisasi sebesar 515.345 ton, pada bulan April sebesar 580.373 ton, realisasi sebesar 573.904 ton. Dengan target produksinya tidak tercapai dan dengan perbedaan merekomendaiksan usulan metode.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meninjau kembali geometri peledakan yang digunakan oleh PT. Semen Padang, dengan tujuan untuk menyelesaikan masalah pada target produksi dan menyelesaikan masalah pada penggunaan metode. Sehingga penulis memilih judul penelitian kajian teknis geometri peledakan untuk mendapatkan hasil yang optimum di lokasi penambangan batu gamping area 242 PT Semen Padang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah fragmentasi hasil peledakan aktual pada area 242 PT Semen Padang sudah bagus?
2. Mengapa dengan geometri yang aktual target produksinya tidak tercapai?
3. Bagaimana perbandingan volume batuan terbongkar hasil peledakan rancangan dan aktual pada area 242 PT Semen Padang ?
4. Bagaimana mencapai nilai optimum dari penggunaan bahan peledak terhadap target produksi?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui geometri peledakan aktual yang diterapkan dilapangan
2. Merencanakan geometri peledakan yang baru untuk mencapai nilai optimum
3. Mengetahui perbandingan volume batuan terbongkar hasil peledakan rancangan dan aktual pada area 242 PT Semen Padang

4. Mengetahui biaya penggunaan bahan peledak yang optimum terhadap target produksi

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada area 242 kegiatan peledakan di Bukit Tarajang ,PT Semen Padang
2. Penelitian ini tidak memperhitungkan *Fly Rock*, *Air Blast* dan *Ground Vibration* hasil peledakan
3. Pola peledakan dianggap sama
4. Komponen biaya hanya menggunakan jumlah handak

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang ingin diberikan oleh peneliti adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa dapat meningkatkan wawasan keilmuan mahasiswa tentang situasi dalam dunia kerja dan menambah dan meningkatkan keterampilan serta keahlian dibidangnya.
2. Bagi Program Studi dapat menjadi tolak ukur pencapaian kinerja program studi khususnya untuk mengevaluasi hasil pembelajaran oleh perusahaan dan dapat menjalin kerja sama dengan instansi tempat penelitian.
3. Bagi perusahaan Perusahaan dapat menerapkan metode peledakan yang lebih efektif dan efisien dari hasil penelitian yang dilakukan nantinya dan dapat meningkatkan efektifitas dan kinerja dalam proses pengolahan hasil material dari proses peledakan.

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Pengeboran

Pengeboran adalah proses pembuatan lubang di dalam tanah agar suatu alat (yaitu mata bor) dapat digunakan untuk membuat lubang ledakan pada batuan yang akan dibongkar. Operator pengeboran mengebor sesuai dengan tanda dan instruksi yang diberikan. Tujuan pengeboran adalah untuk mendapatkan lubang ledakan dengan luas dan kedalaman yang sama.

2.1.1. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Pengeboran

Adapun faktor yang mempengaruhi kinerja pengeboran sebagai berikut :

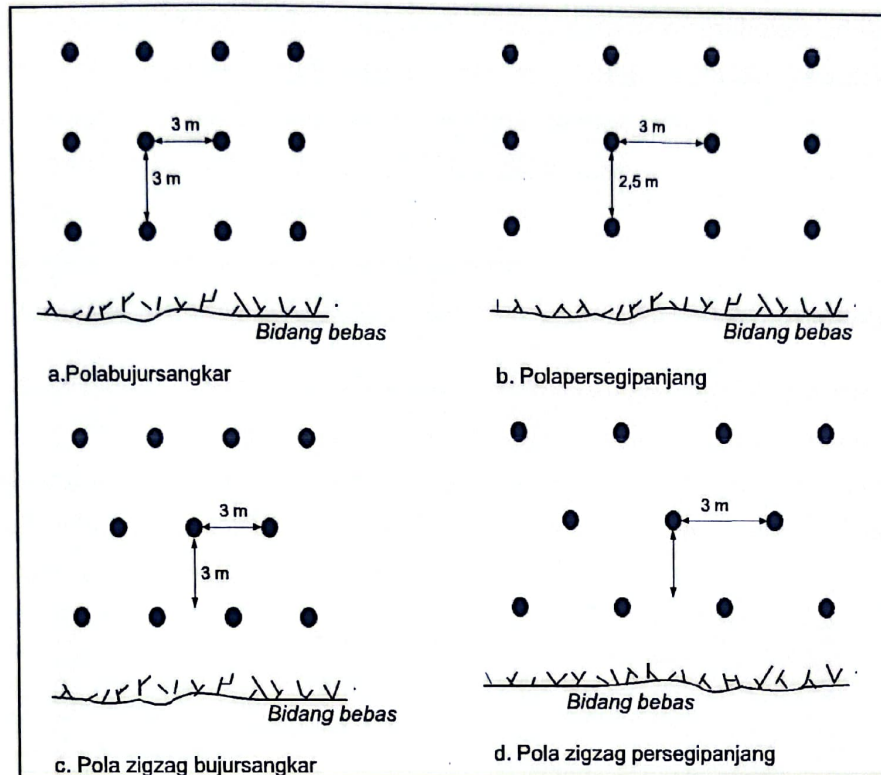
- Sifat batuan yang di Bor
Sifat batuan berpengaruh pada penetrasi dan sebagai konsekuensi pada pemilihan metode pemboran yaitu : kekerasan, kekuatan, dan karakteristik pembongkaran.
- Umur dan Kondisi Mesin Bor
Alat yang sudah lama digunakan biasanya dalam kegiatan pengeboran, kemampuan mesin bor akan menurun sehingga sangat berpengaruh pada kecepatan pemboran.

2.1.2. Pola Pengeboran

Operasi pemboran lubang ledak dilakukan dengan menyusun lubang ledak secara sistematis untuk membentuk pola. Berdasarkan pada posisi lubang bor, pola pemboran diklasifikasikan sebagai berikut:

- Pola Pemboran Sejajar (*Parallel Pattern*)
Pola Pemboran Sejajar (*Parallel Pattern*), terbagi menjadi dua bagian, yaitu : pola persegi panjang (*rectangular pattern*) dan pola bujursangkar (*square pattern*). Pola persegi panjang (*rectangular pattern*) yaitu jarak spasi dalam satu barisan lebih besar dibandingkan dengan burden dan pola bujursangkar (*square pattern*) yaitu jarak spasi dan burden yang sama.
- Pola Pemboran Selang – Seling (*Staggered Pattern*)
Pola Pemboran Selang – Seling (*Staggered Pattern*), yaitu pola pengeboran dimana penempatan lubang ledakan ditempatkan secara bergantian disetiap kolom. Pada pola ini distribusi energy peledakan antar lubang akan lebih merata dibandingkan dengan pola *non-staggered*.

Adapun beberapa pola dasar pemboran dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Pola Pengeboran

Sumber : (Prastio, dkk 2016)

2.1.3. Metode Pengeboran

Metode pengeboran secara umum terbagi menjadi 3 yaitu :

1. Metode Pengeboran *Perkusif*

Teknik pengeboran mekanis yang menerapkan konsep aksi tumbukan pada proses penetrasi. Piston adalah komponen utama, dan energy mengalir dalam bentuk gelombang kejut yang bergerak di sepanjang batang bor untuk menghancurkan permukaan bebatuan

2. Metode Pengeboran *Rotary*

Metode rotary menggunakan dua sistem tricone dan drag bit dan didasarkan pada sistem penetrasi. Jika penetrasi menghasilkan gerusan disebut tricone, sedangkan jika penetrasi menghasilkan potongan disebut drag bit.

3. Metode Pengeboran *Rotary – Perkusif*

Metode pengeboran mekanis melibatkan penghancuran dan pengerusakan batu dengan menggabungkan dua prinsip pengeboran putar dan pengeboran perkusi

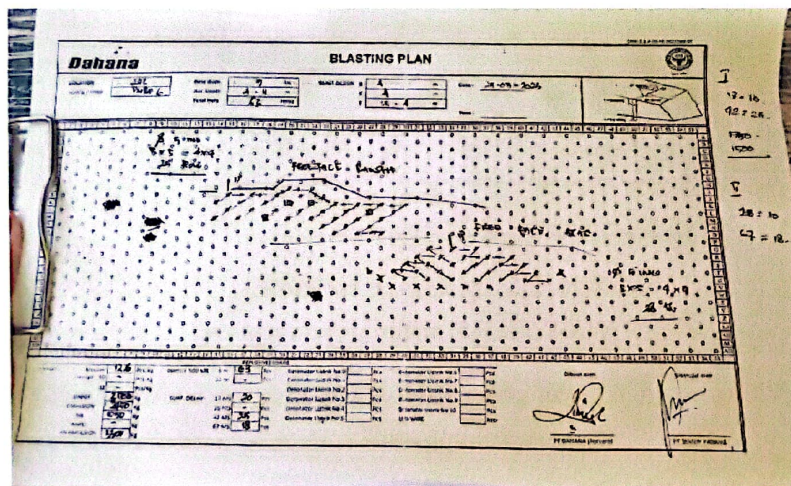
2.2 Peledakan

Peledakan adalah kegiatan menghancurkan atau meberaikan batuan yang bersifat masif. Jika alat mekanik tidak dapat menghancurkan atau memberaikan batuan maka dilakukan kegiatan peledakan. Kegiatan pembongkaran juga dapat menjadi pertimbangan apabila penggalian dengan peralatan mekanis tidak efektif dan efisien. Dalam kegiatan peledakan, beberapa faktor perlu diperhatikan agar kegiatan berhasil dilaksanakan sesuai rencana, antara lain:

1. Karakteristik bahan peledak yang digunakan
2. Kekerasan massa batuan
3. Memperhatikan geometri peledakan
4. Menjalankan prosedur operasional standar yang sudah diterapkan

A. Pembuatan Rencana Peledakan dan Kebutuhan Bahan Peledak

Pembuatan rencana peledakan dilakukan setelah pemeriksaan lubang bor dan drill report yang telah dibuat. Drill report berisi data jumlah lubang bor dan geometri lubang bor, hal ini dapat memudahkan dalam pembuatan rencana peledakan dan perhitungan kebutuhan bahan peledak.



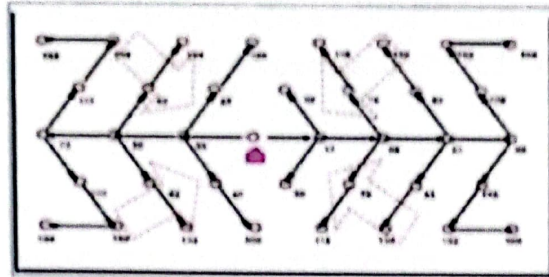
Gambar 2. Form Rencana Peledakan

2.3 Pola Peledakan

Secara umum, pola peledakan adalah urutan waktu peledakan antara satu baris lubang bor dengan baris lubang berikutnya, atau antara satu lubang bor dengan lubang bor lainnya. Pola ledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu ledakan dan arah keruntuhan material yang diharapkan. Waktu peledakan juga sangat mempengaruhi arah dan ukuran bahan yang diledakkan. Biasanya, jika masa tenggang urutan waktu (*delay*) digunakan, batuan yang diledakkan memiliki distribusi ukuran fragmen yang lebih beragam, atau dapat dikatakan persentase menghasilkan bongkahan batu yang lebih kecil.

Menurut Nubatonis, dkk (2020) Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

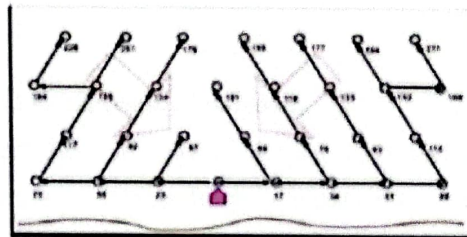
1. *Box cut* yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan dan membentuk kotak.



Gambar 3. Pola peledakan *Box Cut*

Sumber : (Nubatonis, dkk 2020)

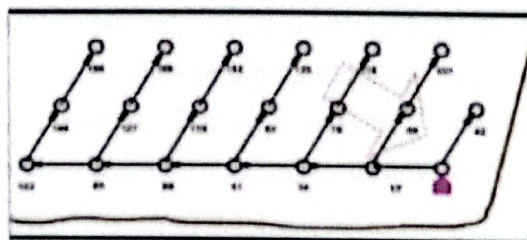
2. *"V" cut* yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan dan membentuk huruf V



Gambar 4. Pola peledakan *V-Cut*

Sumber : (Nubatonis, dkk 2020)

3. *Corner cut* yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.



Gambar 5. Pola peledakan *Corner Cut*

Sumber : (Nubatonis, dkk 2020)

Secara umum, pola peledakan mengacu pada urutan atau rentetan ledakan dari sejumlah lubang ledakan. Adanya rentetan peledakan berarti terdapat selang waktu antara lubang ledakan yang disebut waktu tunda (*delay*

time). Menurut Nubatonis, dkk, (2020) beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menerapkan waktu tunda (*delay time*) pada sistem peledakan antara lain :

1. Mengurangi getaran.
2. Mengurangi overbreak dan batu terbang (*flyrock*)
3. Mengurangi getaran dan suara
4. Dapat mengarahkan lemparan fragmentasi batuan
5. Dapat memperbaiki ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan

2.4 Geometri Peledakan

Geometri peledakan adalah suatu rancangan yang diterapkan pada suatu peledakan. Parameter- parameter yang dapat dikontrol pada perhitungan dari desain geometri peledakan diantaranya seperti *burden*, *spacing*, diameter lubang ledak, *stemming*, *subdrilling*, *powder charge*, tinggi jenjang dan kedalaman lubang ledak. Umumnya setiap peledakan menginginkan ukuran fragmentasi sesuai target yang telah ditentukan.

2.4.1. Analisis Fragmentasi Metode Kuz-Ram

Model *Kuz-Ram* adalah kombinasi dari persamaan Kuznetsov dan persamaan Rossin-Rammler. Persamaan Kuznetsov digunakan untuk menentukan ukuran fragmen batuan rata-rata. Sedangkan persamaan Rossin-Rammler ditentukan oleh persentase bahan yang diayak. Dengan menggunakan data dari analisis regresi parametrik lapangan, "n" akan diperoleh dalam hal: 1) akurasi pengeboran, 2) rasio burden terhadap diameter lubang bor, 3) pola pengeboran *staggered*/persegi, 4) rasio jarak/beban, dan 5) perbandingan panjang beban dengan tinggi jenjang.

Optimalisasi ukuran fragmentasi untuk proses peledakan memang menjadi perhatian utama untuk keberhasilan proses peledakan dan biaya produksi. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan kuantitas dan kualitas bahan peledak yang digunakan dengan meningkatkan densitas dan komposisi bahan peledak yang akan diledakkan.

Sedangkan ukuran rata-rata fragmentasi hasil peledakan dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$X = A \left(\frac{V_0}{Q_e} \right)^{0,8} Q_e^{1/6} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,637} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

X = Ukuran rata-rata fragmentasi

A = Faktor Batuan

Vo = Volume batuan yang terbongkar (m³)

Qe = Massa bahan peledak perlubang ledak (kg)

E = RWS bahan peledak : ANFO = 100, TNT = 115, Dabex = 87

Menurut (Konya, 1990), indeks keseragaman (n) yang ditentukan dari parameter desain peledakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \left(\left[2,2 - 14 \times \frac{B}{De} \right] \left[1 - \frac{W}{B} \right] \left[1 + \frac{A-1}{2} \right] \frac{P}{C} \right) \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

n = Indeks K

B = *Burden* (m)

De = Diameter lubang ledak (mm)

W = Standar deviasi kekuatan pengeboran (m)

A = *Ratio spasi/burden*

PC = Panjang muatan (m)

L = Tinggi jenjang (m)

Penentuan distribusi fragmentasi batuan, perhitungan distribusi fragmentasi batuan mengacu kepada nilai rata-rata fragmentasi dan indeks keeragaman batuan. Adapun persamaan yang digunakan :

$$Xc = \frac{x}{(0,693)^{\frac{1}{n}}} \dots\dots\dots(3)$$

$$R = e^{-\left(\frac{x}{Xc}\right)^n} \dots\dots\dots(4)$$

2.4.2. R.L Ash

Menurut (Ash, 1967), geometri peledakan yaitu menentukan hasil peledakan, seperti fragmen yang dihasilkan, rekahan yang diharapkan, dan tingkat pembentukan. Dalam kegiatan peledakan ini, parameter geometri peledakan meliputi: jumlah burden, spasi, stemming, subdrilling dan kedalaman lubang ledak.

1). *Burden*

Burden adalah jarak vertikal antara lubang tembak dengan bidang bebas, yang panjangnya bergantung pada sifat-sifat batuan. Mengukur ukuran burden merupakan langkah awal agar peledakan, getaran, peledakan udara menghasilkan hasil pemecah batu yang memuaskan. Burden tersebut berasal

dari diameter lubang ledak atau diameter mata bor atau diameter dodol bahan peledak. Untuk menentukan burden, RL Ash (1967) mendasarkan referensi empiris pada keberadaan batuan standar dan bahan peledak standar.

- Batuan standar merupakan batuan yang memiliki 3 massa jenis atau densitas 160 lb/cuft (2,56 ton/m) tidak lain dari densitas batuan rata-rata
- Bahan peledak standar merupakan bahan peledak yang memiliki massa jenis (SG) 1,20 dan kecepatan detonasi (Ve) 12.000 fps (3657,60 m/det).

Jika batuan yang diledakkan sama dengan batuan standar, dan bahan peledak yang digunakan atau bahan peledaknya merupakan bahan peledak standar, maka gunakan rasio muatan (Kb) yaitu 30. Namun jika batuan yang diledakkan berbeda dengan batuan dan bahan peledak standar atau bahan peledak yang digunakan juga bukan bahan peledak standar, nilai standar Kb harus diperbaiki dengan faktor penyesuaian (adjustment factor).

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \text{ft} \dots \dots \dots (5)$$

$$B = \frac{Kb \times De}{39,3} \text{m} \dots \dots \dots (6)$$

$$Kb_{\text{terkoreksi}} = Kb_{\text{standar}} \times Af1 \times Af2$$

$$Af1 = \frac{(D_{\text{std}})^{\frac{1}{3}}}{D} \dots \dots \dots (7)$$

$$Af2 = \left(\frac{SG \times (Ve)^2}{SG_{\text{std}} \times (V_{\text{std}})^2} \right)^{1/3} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

- Af1 = Adjustment faktor untuk batuan yang diledakkan.
 Af2 = Adjustment faktor untuk handak yang digunakan.
 De = Diameter lubang ledak (inch).
 Kbst = Burden ratio standar (30).
 SG = Spesific gravity bahan peledak yang digunakan.
 Ve = Kecepatan ledak bahan peledak yang digunakan.
 SGstd = Spesific Gravity bahan peledak standar (1,20).
 Vstd = Kecepatan ledak bahan peledak standar (12000 Ft/s).

2.) Spasi (S)

Spasi adalah jarak antara dua lubang ledakan yang berdekatan pada garis lurus, diukur sejajar dengan dinding pit, dan estimasi jarak perlu mempertimbangkan apakah ada interaksi antara muatan yang berdekatan satu sama lain. Jika lubang bor diledakkan satu per satu pada interval yang cukup lama sehingga masing-masing meledak dengan sempurna, tidak akan ada interaksi antara gelombang energi individu. Jika waktu tunda dipersingkat, interaksi Kn terjadi sehingga mengakibatkan terjadinya efek yang sempurna. Tentukanlah spasi ratio terlebih dahulu sebelum menentukan spasi (Ash, 1990).

Menurut interval, besar K_s yang digunakan adalah :

- Long interval delay $K_s = 1$
- Short interval delay $K_s = 1-2$
- Normal $K_s = 1,2-1,8$

Besar spasi dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$S = B \times K_s \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

- S = Spasi (meter)
- B = Burden (meter)
- K_s = Spacing ratio

3). *Stemming* (T)

Stemming adalah bahan penutup dalam lubang ledakan di atas kolom yang berisi bahan peledak (Ash, 1990). *Stemming* ini digunakan untuk menentukan keseimbangan tegangan (tegangan yang memecah batu untuk meledak baik ke atas maupun ke samping) dan untuk membatasi gas-gas yang dihasilkan oleh ledakan sehingga dapat menekan batu dengan energi maksimum. Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *stemming*, yaitu panjang *stemming*(batang) dan ukuran bahan *stemming*. Oleh karena itu, panjang *stemming* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan ini :

$$T = B \times K_t \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- T = *Stemming* (meter)
- B = Burden
- K_t = *Stemming* ratio (0,75-1,00)

Ukuran bahan *Stemming* sangat berpengaruh terhadap efek peledakan, jika partikel bahan *Stemming* baik-baik saja, gesekan pada lubang ledakan hasil pengeboran akan berkurang, dan udara bertekanan tinggi dapat dengan mudah mendorong bahan *Stemming*. begitu banyak energy hilang yang seharusnya digunakan untuk menghancurkan batu dengan rongga *stemming*.

4). Subdrilling (J)

Subdrilling adalah meningkatkan kedalaman lubang ledakan dengan tujuan dibuatnya subdrilling sehingga batuan dapat diledakkan secara penuh seperti yang diharapkan dan penonjolan dilantai jenjang(toe) dihindari (Ash, 1990). Panjang subdrilling dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$J = K_j \times B \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

- J = Subdrilling (meter)
- K_j = Subdrilling ratio (0,2-0,3)
- B = Burden (meter)

5). Tinggi Jenjang (L)

Secara khusus, tinggi jenjang maksimum ini ditentukan oleh peralatan pengeboran dan peralatan pemuatan yang tersedia. Ketinggian jenjang mempengaruhi efek peledakan seperti pemecah batu (fragmentasi), peledakan udara, batu terbang (fly rock) dan getaran tanah. Penentuan tinggi tangga didasarkan pada stiffness(kekakuan) rasio. Rumus yang digunakan adalah :

$$L = D_e \times 5 \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan :

- L = Tinggi jenjang minimum
- D_e = Diameter lubang ledak

6). Kedalaman lubang tembak (H)

Kedalaman lubang tembak biasanya ditentukan sesuai dengan kapasitas produksi yang dibutuhkan dan kapasitas peralatan pemuatan, untuk menentukan kedalaman lubang tembak dapat menggunakan persamaan berikut:

$$H = K_h \times B \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

- H = Kedalaman lubang tembak (m)
- K_h = Hole depth ratio (1,5-4,0)

2.4.3. C.J.Konya

Berikut adalah penjelasan perhitungan geometri peledakan berdasarkan pendapat ahli yaitu menurut (Konya, 1990), tentang perencanaan geometri peledakan. Mengenai sketsa gambaran tentang geometri peledakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

1. Burden (B)

Nilai burden dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$B = 3,14 \times De \times \sqrt{SGr} \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan :

B = Burden (m)

De = Diameter lubang ledak (inch)

SGe = Spesific gravity bahan peledak yang dipakai

SGr = Spesific gravity batuan yang akan dibongkar

2. Spacing (S)

Nilai spacing ditentukan dengan perbandingan delay system (sistem tunda) dan tinggi jenjang (L) dan burden (B). Jika ledakan serentak terjadi dalam deretan lubang ledakan (seketika)/(baris demi baris), persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah jarak (spacing) adalah :

$$L/B < 4 \text{ maka, } S = (L + 2B) / 3$$

$$L/B > \text{ maka, } S = 2B \dots \dots \dots (15)$$

Jika setiap baris lubang bor meledak secara berurutan (delay), perhitungan jarak dapat menggunakan persamaan berikut :

$$L/B < 4 \text{ maka, } S = (L + 7B) / 8$$

$$L/B > \text{ maka, } S = 1,4 B \dots \dots \dots (16)$$

3. Stemming

Untuk batuan massive, $T = B$ untuk batuan berlapis, $T = 0,7 B \dots \dots (17)$

4. Subdrilling

Panjang subdrilling dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$J = 0,3 B \dots \dots \dots (18)$$

5. Kedalaman lubang ledak (H)

Kedalaman lubang ledak dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$H = L + J \dots \dots \dots (19)$$

6. Panjang kolom isian (PC)

Panjang kolom yang terisi diperoleh dari kedalaman lubang ledakan dikurangi panjang stemming yang digunakan:

$$(PC = H - T) \dots \dots \dots (20)$$

2.4.4. ICI Explosives

Disarankan pada saat mendesain peledakan jenjang, hal pertama yang harus diperhatikan adalah tinggi jenjang (H) dan diameter lubang ledakan (D), yaitu :

1. Tinggi jenjang (H) $H = 60D-14140D$
2. *Burden* (B) antar baris $B = 25D-40D$
3. *Spasi* antar lubang ledak (S) $S = 1B-1,5B$
4. *Subdrilling* (J) $J = 8D-12D$
5. *Stemming* (T) $T = 20D-30D$
6. *Powder factor* (PF)

$$PF = \frac{\text{mass of explosive}}{\text{volume of rock}} \dots\dots\dots(21)$$

2.4.5. Anderson

Rumus geometri peledakan yang digunakan penulis adalah rumus berdasarkan teori Anderson.

1. *Burden*

Burden adalah jarak terpendek antara permukaan bebas (Free face) dengan lubang tembak, atau arah di mana batu yang diledakkan akan terlempar (fragmentasi atau arah penyebaran bahan yang diledakkan). Besarnya *burden* dipengaruhi oleh faktor koreksi batuan yang akan diledakkan dan faktor koreksi penggunaan bahan peledak dan ukuran diameter mata bor, secara teoritis besarnya *burden* dapat ditentukan dengan persamaan yang dikemukakan oleh Anderson :

$$B = 0,11 \sqrt{d \cdot h} \text{ atau } B = 0,1 \sqrt{d \cdot h} \dots\dots\dots(22)$$

2. *Spacing*

Ukuran *Spacing* dipengaruhi oleh *Burden*, diameter lubang ledakan dan struktur bidang batuan. Penentuan ini biasanya dilakukan pada rasio jarak yang ditentukan secara umum (1-1,5 m). Atau dapat dituliskan sebagai persamaan berikut :

$$S = (1,0-1,5)B \dots\dots\dots(23)$$

3. *Stemming*

Panjang isian *stemming* tergantung pada *stemming rasio* (0,5 – 1,0) dan *burden* yang digunakan. *Stemming* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut :

$$T = (0,5-1,0)B \dots\dots\dots(24)$$

4. *Subdrilling*

Untuk menghitung *subdrilling*, perlu diketahui struktur batuan hasil peledakan untuk menentukan *subdrilling*. *Subdrilling* rasio yang digunakan di tambang terbuka. *Subdrilling* dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$J = (0,2-0,3)B \dots\dots\dots(25)$$

5. Kedalaman lubang ledak

Secara teoritis, kedalaman lubang bor tidak boleh kurang dari burden. Ini untuk mencegah "kerusakan yang berlebihan (over break)" atau "cratering"

$$H = K_h \times B \dots \dots \dots (26)$$

Saat merencanakan geometri lubang ledak selama peledakan, rasio H/B antara tinggi jenjang(H) dan burden (B) serta keberhasilan peledakan dan tinggi jenjang terhadap beban disebut Strifness Ratio, yang mana akan dihitung pada setiap proses peledakan menghasilkan respon yang berbeda terhadap distribusi ukuran material yang dihasilkan, *airblast*, *fly rock* (pecahan batuan terbang), dan besarnya serta dampak getaran tanah harus memenuhi standar keselamatan, karena ini harus menjadi masalah penting

Kegiatan peledakan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor rancangan terkendali dan faktor rancangan tak terkendali.

a. Faktor rancangan terkendali

Faktor rancangan yang dapat dikendalikan adalah sebagai berikut, geometri pengeboran, pola pengeboran, geometri peledakan, pola peledakan, bahan peledak. Faktor geometri pemboran terdiri dari diameter, kedalaman, kemiringan dan tinggi langkah. Faktor pola pengeboran termasuk pola paralel dan staggerd pattern, Geometri peledakan terdiri dari *burden*, *spasi*, *stemming*, *subdrilling*, kolom isian dan kedalaman lubang. Pola peledakan terdiri dari *box cut*, *corner cut*, dan *V-cut*. Serta bahan peledak yang terdiri dari berbagai jenis bahan peledak, kekuatan, daya ledak, densitas, sumbu ledakan, ketahanan terhadap air.

b. Faktor rancangan yang tidak dapat dikendalikan

Karakteristik massa batuan, daerah diskontinu, litologi batuan, dan formasi batuan merupakan faktor desain yang tidak dapat dikontrol. Batuan yang akan ditambang dari pembongkaran digunakan untuk mengukur tingkat fragmentasi dari segi ukuran. Ini ada hubungannya dengan berapa banyak uang yang dihabiskan untuk peralatan transportasi dan seberapa hati-hati bahan yang diledakkan dipindahkan. Ini berkaitan dengan seberapa sukses proses peledakan sehingga dapat menggunakan bahan peledak yang tepat dan mendapatkan jumlah fragmentasi yang baik dengan perencanaan peledakan yang baik berdasarkan geometri lubang ledakan. Berikut adalah persamaan faktor batuan:

$$\text{Blastibility indeks (BI)} = 0,5 \times (\text{RMD} + \text{JPS} + \text{SGI} + \text{H}) \dots \dots \dots (27)$$

$$\text{Faktor batuan : A} = \text{BI} \times 0,12 \dots \dots \dots (28)$$

Keterangan :

BI = *Blastibility indeks*

RMD = *Rock mass description*

JPS = *Joins planespacing*

JPO = *Join plane orientation*

SGI = *Specific gravity indeks*

H = *Hardness*

A = *Faktor batuan*

Secara umum untuk menentukan nilai faktor batuan dapat digunakan nilai pada table berikut ini :

Tabel 1. Nilai dan Jenis Pembobotan

<i>Rock Mass Description (RMD)</i>	Pembobotan
<i>Powder / friable</i>	10
<i>Blocky</i>	20
<i>Totally massive</i>	50
<i>Joint Plane Spacing (JPS)</i>	Pembobotan
<i>Close (<0,1m)</i>	10
<i>Intermediated (0,1-1,0m)</i>	20
<i>Wide (>0,1m)</i>	50
<i>Joint Plane Orientation (JPO)</i>	Pembobotan
<i>Horizontal</i>	10
<i>Dip out of face</i>	20
<i>Strike normal to face</i>	30
<i>Dip into face</i>	40
<i>Specific Gravity Infuence</i>	$SGI = (25 \times \text{bobot isi}) - 50$
<i>Hardness (H)</i>	1-10

(Sumber : (Milus, dkk, 2021))

2.5 Fragmentasi Hasil Peledakan

Menurut (Kuznetsov, 1973), menganalisis hasil peledakan diperlukan untuk menentukan apakah operasi peledakan telah berjalan sesuai rencana dan menghasilkan hasil yang diinginkan.

Fragmentasi merupakan ukuran keberhasilan peledakan yang dapat berpengaruh pada biaya operasional dan pemeliharaan peralatan. Misalnya, pengoperasian alat berat selama proses penggalian, pemuatan, pengangkutan, dan penghancuran dipengaruhi oleh fragmentasi. Produktivitas alat galian akan dipengaruhi oleh besar kecilnya fragmentasi batuan hasil peledakan, namun semakin kecil ukuran fragmentasi batuan maka semakin mudah alat galian

tersebut menggali batuan tersebut. Hal ini didasarkan pada besarnya fragmentasi batuan hasil peledakan. untuk menggali batu keluar (Hartman, 1987).

Menggunakan satu atau lebih dari prosedur berikut (digunakan dalam peledakan bench) dapat memperbaiki fragmentasi :

- a. mengurangi spacing antara lubang yang saling sejajar dalam baris
- b. Mengurangi jarak burden
- c. Meningkatkan nilai powder faktor

Ukuran partikel fragmentasi dalam peledakan diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. *Oversize Boulder* : yaitu ukuran batuan yang besar dan membutuhkan secondary crusher atau peledakan ulang
- b. *Fines* : yaitu ukuran batuan yang kecil dan halus serta hasilnya akan susah untuk dipindahkan
- c. *Mid-Range* : yaitu ukuran rata-rata partikel yang ekonomis dan bisa dilakukan transportasi yang sesuai dengan permintaan perusahaan

2.6 Nilai Optimum

Nilai optimum ketercapaian kegiatan peledakan pertambangan adalah apabila kegiatan peledakan tersebut telah mencapai target yang ditentukan dengan mempertimbangkan faktor lain seperti biaya yang optimal atau tidak terlalu besar. Fakto-faktor yang harus dikaji dalam melakukan kegiatan peledakan adalah sebagai berikut :

1. Produktivitas Alat Bor

Kemampuan alat bor juga termasuk faktor yang perlu dikaji agar dapat mencapai optimum keberhasilan peledakan. Kegiatan peledakan dapat dimulai atau berlangsung tergantung dari alat bor mampu membuat berapa lubang yang sesuai dengan target produksi. Semakin lama produktivitas alat bor maka semakin kecil pula pengupasan material peledakan.

2. Fragmentasi Hasil Peledakan

Nilai optimum hasil peledakan adalah suatu nilai ambang batas yang ditentukan sebagai standar keberhasilan kegiatan peledakan. Hasil peledakan yang optimum dapat ditentukan dari faktor geometri peledakan yang digunakan. Suatu rancangan geometri peledakan yang optimal diperlukan untuk mengkaji geometri peledakan yang akan digunakan dan fragmentasi hasil peledakan tersebut.

Terdapat beberapa komponen geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan, yaitu *burden*, *spasi*, *stemming*, *powder charge*, dan *powder factor*. Untuk komponen geometri peledakan *burden*, *spasi*, dan

stemming semakin besar nilainya maka semakin besar pula fragmentasi yang dihasilkan. Namun, hal tersebut berbanding terbalik dengan nilai *powder charge* dan *powder factor* semakin besar nilainya maka semakin kecil pula fragmentasi yang dihasilkan, tetapi menyebabkan peledakan menjadi kurang ekonomis.

3. Bahan Peledakan dan Biaya

Bahan peledak dan biaya pengeluaran untuk bahan peledak tidak dapat diabaikan dalam mencapai keberhasilan optimum kegiatan peledakan. Apabila membutuhkan banyak bahan peledak maka biaya yang dikeluarkan sangat besar, hal ini dapat merugikan perusahaan karena terlalu membuang banyak biaya di bahan peledak walaupun fragmentasi yang dihasilkan bagus apabila menggunakan bahan peledak yang banyak. Untuk itu, penggunaan bahan peledak harus lebih optimal agar tidak mengeluarkan biaya yang tidak terlalu besar.

2.7 Bahan Peledak

Bahan peledak adalah senyawa kimia tunggal atau campuran senyawa kimia dalam bentuk padat, cair, atau campuran dari keduanya yang bila terkena panas, benturan, gesekan, atau ledakan awal, mengalami reaksi kimia eksotermik yang sangat cepat. Reaksi tersebut menghasilkan gas yang secara kimiawi lebih stabil bila disertai dengan panas dan tekanan yang sangat tinggi. Di pertambangan, operasi peledakan dianggap berhasil jika target produksi terpenuhi, bahan peledak yang efisien digunakan (diukur dengan jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (*powder factor*), bahkan fragmentasi ukuran dicapai dengan sedikit bongkahan (kurang dari 15% dari total batuan terbuka), dihasilkan dinding batuan yang stabil dan rata (tanpa patahan atau retakan), dan dampak lingkungan diminimalkan.

Berikut ini adalah contoh bahan peledak:

a. Bahan peledak (*Blasting Agent*)

Bahan peledak adalah campuran bahan bakar dan oksida seperti ammonium nitrat (NH_4NO_3), ANFO, dan slurry yang tidak tergolong bahan peledak

b. Bahan peledak yang mengandung nitrogliserin

Bahan-bahan nitroselulosa, nitrokapas, dan nitroglikol adalah komponen utama dari bahan peledak ini. Amonium dan natrium nitrat terkadang juga ditambahkan. Nitrogliserin adalah zat yang berbahaya untuk diangkut karena merupakan bahan kimia dalam bentuk cair yang tidak stabil dan mudah meledak

c. Bahan peledak yang diizinkan (*permissible*)

Bahan peledak yang diizinkan untuk digunakan sebagai bahan peledak khusus tambang batubara bawah tanah dikenal sebagai bahan peledak yang diizinkan. Sebelum dijual, bahan peledak ini harus melewati serangkaian uji keamanan yang ketat. Untuk memastikan bahwa bahan peledak tidak memicu kebakaran di tambang, pengujian terutama difokuskan pada keamanan peledakan di tambang batu bara bawah tanah yang berdebu. Biasanya, bahan peledak ini dibuat dengan menambahkan bahan bakar, natrium nitrat, dan amonium klorida, diikuti dengan sedikit gas alam. Hasilnya adalah: Amonium nitrat digunakan sebagai zat pengoksidasi dalam $\text{NaNO}_3 + \text{NHCl}$ $\text{Na}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{NO}_3$, dan natrium klorida memiliki daya pendinginan yang besar, bahkan lebih dari campuran pertama.

d. Bubuk Hitam (*Black powder*)

Bubuk hitam, juga dikenal sebagai bubuk mesiu Bubuk hitam, juga dikenal sebagai mesiu, pertama kali diproduksi pada abad ke-13 dan digunakan untuk operasi pertambangan dan militer. Bubuk hitam ini terdiri dari belerang, garam, dan bubuk batu bara. Bahan peledak ini dapat terbakar dengan kecepatan 60 meter per detik atau 100 detik per meter, tetapi tidak dapat meledak. Oleh karena itu bubuk hitam termasuk dalam kategori bahan peledak lemah (daya ledak rendah).

2.8 Sifat Fisik Bahan Peledak

Ketika bahan peledak terpapar pada kondisi lingkungan yang berubah, sifat fisiknya akan terlihat seperti sifat eksplosif yang sebenarnya. Di antara sifat-sifat bahan peledak yang harus dipahami adalah sebagai berikut:

- Kepadatan adalah angka yang menunjukkan rasio berat terhadap volume.
- Sensitivitas* (kepekaan) adalah properti yang menunjukkan seberapa mudah bahan peledak untuk memulai atau seberapa kecil penguat yang dibutuhkan.
- Water Resistance* mengacu pada kapasitas bahan peledak untuk menahan rembesan air.
- Stabilitas penyimpanan bahan peledak diukur dengan stabilitas kimianya
- Asap Karakteristik adalah sifat bahan peledak, dan menggambarkan jumlah gas beracun seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO) yang dilepaskan setelah peledakan (Sujiman, dkk, 2014).

2.9 Karakteristik Detonasi Peledak

Karakter detonasi peledak menggambarkan perilaku suatu bahan peledak ketika meledak untuk menghancurkan batuan. Beberapa karakter detonasi yang penting dikenal meliputi :

1. *Strength*, yaitu persentase atau kekuatan (daya ledak) bahan peledak yang dinyatakan dalam presentase berat nyata dari NG (*Nitroglycerin*) dari total berat bahan peledak jenis Straight Dinamit.
Pada pengukuran strength digunakan dua metode pengukuran, yaitu:
 - a. *Weigh Strength* (berdasarkan berat bahan peledak)
 - b. *Volume Strength* (berdasarkan volume bahan peledak)
2. *Velocity of Detonation* (VOD), adalah sifat bahan peledak yang mempunyai perambatan yang tinggi atau kecepatan perambatan peledakan dari bahan peledak. Pengukuran cepat rambat bahan peledak dapat dilakukan dengan menggunakan sumbu ledak yang telah diketahui kecepatannya.
3. *Detonation Pressure*, adalah tekanan yang terjadi disepanjang zona reaksi peledakan hingga terbentuk reaksi kimia seimbang sampai ujung bahan peledak yang disebut dengan bidang Chapman – Jouguet (C-J Plane).
4. *Borehole pressure*, yaitu tekanan dari gas hasil peledakan yang akan mendorong batuan terlempar dan terlepas dari batuan induknya. Besarnya sekitar 50% tekanan detonasi (Sujiman, dkk, 2014).

2.10 Hubungan Isian Bahan Peledak dengan Distribusi Ukuran Fragmen

Salah satu cara untuk mencoba mengurangi biaya penggunaan bahan peledak dan biaya pengoperasian perangkat mekanis adalah dengan mengoptimalkan geometri peledakan. Saat merancang geometri peledakan, isi bahan peledak merupakan pertimbangan yang paling penting. Powder Factor (PF) adalah parameter yang menghubungkan geometri peledakan dan bahan peledak. Berdasarkan data lapangan aktual, kisaran kriteria PF untuk peledakan setiap batuan diketahui secara umum. Penggunaan bahan peledak pada setiap kegiatan peledakan akan dipandu oleh kriteria PF ini. Lebih banyak bahan peledak akan digunakan semakin tinggi nilai PF yang digunakan. Distribusi ukuran fragmen yang dibongkar dan kegiatan penambangan selanjutnya sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan peledak.

Perusahaan biasanya menentukan Powder Factor sebagai hasil dari sejumlah penelitian sebelumnya dan berbagai pertimbangan ekonomi. Dalam kebanyakan kasus, jika hanya berkonsentrasi pada aspek teknis, hasil perhitungan matematis akan menghasilkan jumlah yang cukup besar, yang menurut evaluasi ekonomi, masih diperlukan dan dapat disimpan. Nomor PF ditentukan dengan memastikan bahwa jumlah fragmentasi yang dihasilkan oleh peledakan tidak

terlalu besar atau kecil. Peledakan sekunder, di mana terlalu banyak blok harus diledakkan ulang, menimbulkan biaya tambahan; Di sisi lain, fragmentasi yang berlebihan menghasilkan limbah yang mudah meledak dan tentunya biaya yang tinggi. Ukuran fragmentasi harus sesuai dengan proses selanjutnya, seperti ukuran mangkuk alat muat atau umpan mesin penghancur.

Lalu, mempersalahkan keselamatan kerja, artinya selain menghemat uang, keselamatan karyawan dan masyarakat harus terjamin. Lingkungan khususnya dampak negatif peledakan yang mengganggu kenyamanan masyarakat harus dikurangi. Getaran yang berlebihan, kejutan yang menyakitkan telinga, dan suara yang mengejutkan adalah efek negatifnya.

2.11 Penggunaan Aplikasi software *Wipfrag*

Aplikasi *Wipfrag* dapat digunakan untuk mengukur ukuran pecahan batu. University of Arizona di Amerika Serikat mengembangkan program analisis citra yang dikenal sebagai *wipfrag*. Program *wipfrag* digunakan dalam penelitian ini untuk membantu dalam analisis gambar fragmentasi material akibat peledakan. Grafik yang dihasilkan menunjukkan persentase material yang melewati dan ukuran rata-rata fragmentasi akibat peledakan.

Wiprag adalah program untuk image processing (juga dikenal sebagai image analysis) yang digunakan untuk memastikan distribusi ukuran fragmen batuan selama prosedur penghancuran batuan pada proses penambangan. Di lokasi tambang, insinyur atau teknisi pertambangan menggunakan program *wiprag* Terpisah untuk memproses data masukan berupa foto digital yang terfragmentasi.

Sistem *wiprag* terpisah mencakup komputer, keyboard, monitor, dan perangkat lunak. Ada cara untuk mentransfer gambar dari kamera digital ke komputer. Dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital dan citra yang diambil dari hasil peledakan di lapangan dengan kamera digital atau kamera handphone, software *wiprag* menghitung sebaran ukuran fragmentasi hasil peledakan.

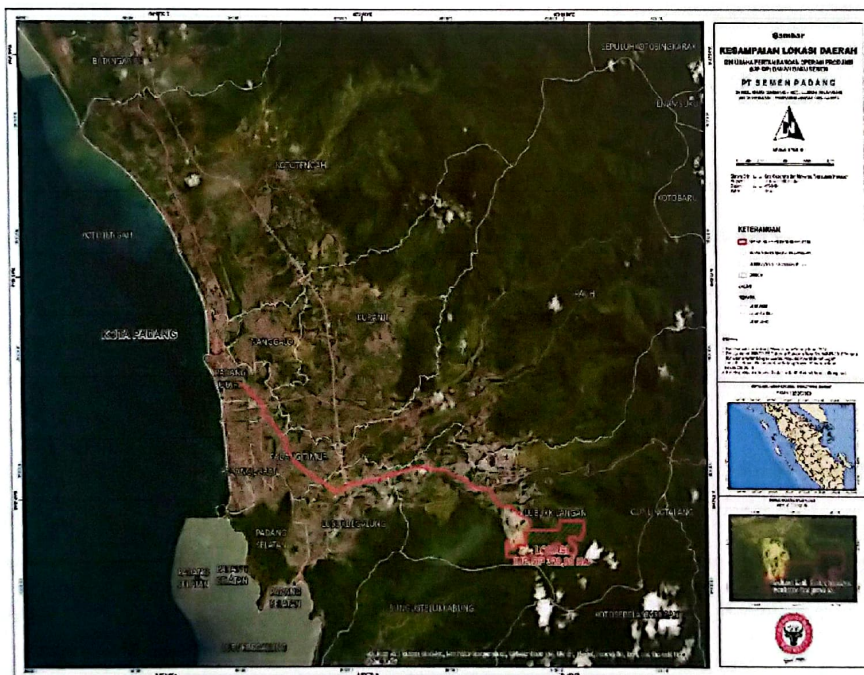
Perangkat lunak ini dapat secara otomatis atau manual menggambarkan batas batuan (terbelah) berdasarkan gambar yang diambil dengan kamera di lapangan. Hasil penggambaran tersebut kemudian dianalisis ukurannya (computed size) untuk menghasilkan keluaran berupa informasi sebaran fragmentasi yang ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara persentase material kumulatif yang lolos dan besarnya distribusi fragmentasi batuan pada citra (Siddiqui, dkk, 2009). Proses ini terjadi setelah proses editing selesai.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Kajian dilakukan di PT Semen Padang pada kawasan tambang batugamping Bukit Tarajang. PT. Semen Padang dapat ditemukan pada ketinggian kurang lebih 200 meter di atas permukaan laut di Bukit Karang Putih, Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat, ± 15 kilometer ke arah timur Kota Padang. Secara administratif termasuk dalam wilayah Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis terletak pada 1000 15' 30" Bujur Timur sampai 1000 10' 30" Bujur Timur, atau 10 04' 30" Lintang Selatan sampai 10 06' 30" Bujur Selatan. Dari utara ke selatan di Pulau Sumatera, kawasan Indarung mulai menanjak hingga ke kaki Bukit Barisan. Ketinggiannya kurang dari 200 meter di atas permukaan laut, dengan puncaknya 500 meter di atas permukaan laut. Pengambilan data dilakukan pada area x di PT Semen Padang, dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 6. Peta Kesampain Daerah
(Sumber PT. Semen Padang)

3.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini berlangsung ± 1 sebulan, terhitung dari tanggal keberangkatan ke PT. Semen Padang (Persero) dan mencakup konsultasi, pengumpulan data, dan pengolahan data.

Tabel 2. Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

No.	Urain Kegiatan	Bulan			
		Mei – Juni (Minggu)			
		1	2	3	4
1	Studi Literatur				
2	Orientasi Lapangan				
3	Pengambilan Data				
4	Pengolahan Data				
5	Konsultasi dan Bimbingan				
6	Penyusunan Laporan				

3.3 Alat

1. Aplikasi wipfrag untuk menentukan persentase fragmentasi
2. Meteran, untuk mengukur panjang geometri peledakan
3. Kamera, untuk data pendukung sebagai dokumentasi
4. Alat tulis, digunakan mencatat semua data, penyimpanan, dan pembuatan laporan
5. Laptop, digunakan untuk pembuatan laporan, mengolah data, dan menyimpan data.
6. Perlengkapan safety, Alat pengaman digunakan untuk menjaga diri dari bahaya.

3.4 Metode Penelitian

Dengan langkah-langkah berikut, penelitian terapan dilakukan dengan maksud menerapkan, menguji, dan mengevaluasi kemampuan suatu teori untuk memecahkan masalah praktis:

- Geometri peledakan, seperti penentuan jarak spasi, *burden*, kedalaman lubang, diameter lubang, *stemming*, kolom isian, *subdrilling*, dan tinggi jenjang

- Pengambilan gambar dari hasil peledakan untuk diinput ke *software wiprag*, gambar yang diambil sebanyak 2 foto dari sisi dan foto yang diambil tidak terkena paparan matahari tujuannya agar pada saat pengolahan data di aplikasi *wiprag* foto dapat terbaca dengan sempurna
- Melakukan analisa dengan metode *kuz-ram*

3.5 Tahapan Penelitian

Dengan mencari berbagai buku, jurnal, tesis, dan sumber internet yang relevan dengan topik penelitian yang dipelajari, kegiatan ini berkaitan dengan metode pengumpulan data kepustakaan. Referensi terkait penelitian penulis meliputi pola urutan peledakan, geometri peledakan, dan jenis bahan peledak yang digunakan di PT Semen Padang.

3.5.1. Pengambilan Data

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil oleh penulis berdasarkan observasi lapangan. Data primer yang diambil adalah data geometri peledakan dan data dokumentasi fragmentasi batuan hasil peledakan.

1. Data geometri peledakan

Dengan menggunakan alat meteran, mengukur beban, jarak, stemming, panjang kolom yang terisi, dan panjang lubang ledakan, data geometri ledakan dapat dikumpulkan. Dengan mendatangi langsung lokasi peledakan bersama crew drill & blast dan melakukan survey disana

2. Data dokumentasi fragmentasi batuan hasil dari peledakan. Selain itu, tujuan dari pengambilan dokumentasi fragmentasi batuan hasil peledakan ini sebagai berikut :

- Untuk mengetahui ukuran sebenarnya dari hasil fragmentasi batuan dari peledakan hari itu.
- Untuk dijadikan foto sampel dalam proses analisis dengan mendokumentasikan fragmentasi batuan dengan objek dan menggunakan dua foto sebagai sampel untuk rata-rata distribusi hasil. Kriteria berikut digunakan untuk memilih foto:
 - Foto diambil saat kondisi cahaya bagus, yaitu saat hari cerah dengan matahari saling berhadapan dalam posisi pemotretan membelakangi untuk menghilangkan bayangan (noise) yang mengganggu.
 - Untuk memastikan gambar mencerminkan keadaan aslinya, foto diambil segera setelah kegiatan peledakan.

- Dengan menggunakan sudut pemotretan yang dianggap representatif, ambil dua hingga empat foto per kegiatan peledakan.
- Helm pengaman dengan diameter 22 sentimeter berfungsi sebagai objek pembanding.
- Kamera ponsel ini memiliki resolusi 13 Mega Piksel (13 MP).
- Hasil perhitungan ukuran fragmentasi akan disajikan secara grafis. Distribusi persentase ukuran saringan tertentu akan ditampilkan pada grafik.



Gambar 7. Foto yang mewakili fragmentasi hasil peledakan

b. Data Sekunder

Dengan mengutip literatur dan lampiran dari data pustaka, instansi terkait, dan literatur terkait dan data atau arsip perusahaan, metode tidak langsung (sekunder) mendukung kerja penelitian.

Pengumpulan data meliputi:

- Data karakteristik batuan dapat ditemukan pada literatur.
- Literatur, peta kesampaian daerah, peta topografi, peta rencana kegiatan pertambangan, dan peta kemajuan Tambang yang diperoleh dari PT Semen Padang
- Data spesifikasi bahan peledak Bahan peledak digunakan untuk, menurut data spesifikasi bahan:
 - Mengetahui densitas bahan peledak
 - Mengetahui energy yang dikeluarkan
 - Mengetahui kecepatan ledak dari bahan peledak tersebut
- Data tabel *Blastability Index* (BI)
- Data target volume batuan yang dibongkar per peledakan
- Data biaya bahan peledak

3.5.2. Analisis Data

Fragmentasi berpengaruh terhadap produksi, hal ini dikarenakan setelah peledakan dilakukan, banyak dijumpai fragmentasi batuan yang tidak bisa langsung dimuat ke alat gali muat, sehingga menghambat proses pemuatan dan pengangkutan. Sehingga untuk mencapai tingkat fragmentasi batuan yang ideal, hasil pengolahan data menghasilkan rekomendasi perhitungan geometri peledakan berdasarkan metode RL Ash, CJ Konya, ICI Explosives, dan Anderson. *Software Wipfrag* terpisah dan prediksi kuzram digunakan untuk melakukan analisis fragmentasi yang sebenarnya. Selain itu, dilakukan analisis berdasarkan biaya bahan peledak yang digunakan dari hasil perhitungan geometri aktual dan rekomendasi masing – masing metode. Hasil pengolahan data teoritis dan empiris penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan nilai statistik.

Berdasarkan geometri peledakan yang ada di lapangan, metode untuk menganalisis hasil peledakan fragmentasi adalah metode *Kuz-Ram*. Kuznetsov mengembangkan persamaan empiris yang memperhitungkan variasi jenis batuan dalam hubungan antara ukuran fragmentasi rata-rata dan aplikasi energi peledakan per satuan volume batuan (faktor bubuk). Persamaan Rossin-Rammler menentukan persentase material yang dapat ditampung dalam saringan dengan ukuran tertentu, sedangkan persamaan Kuznetsov memberikan ukuran rata-rata fragmentasi batuan.

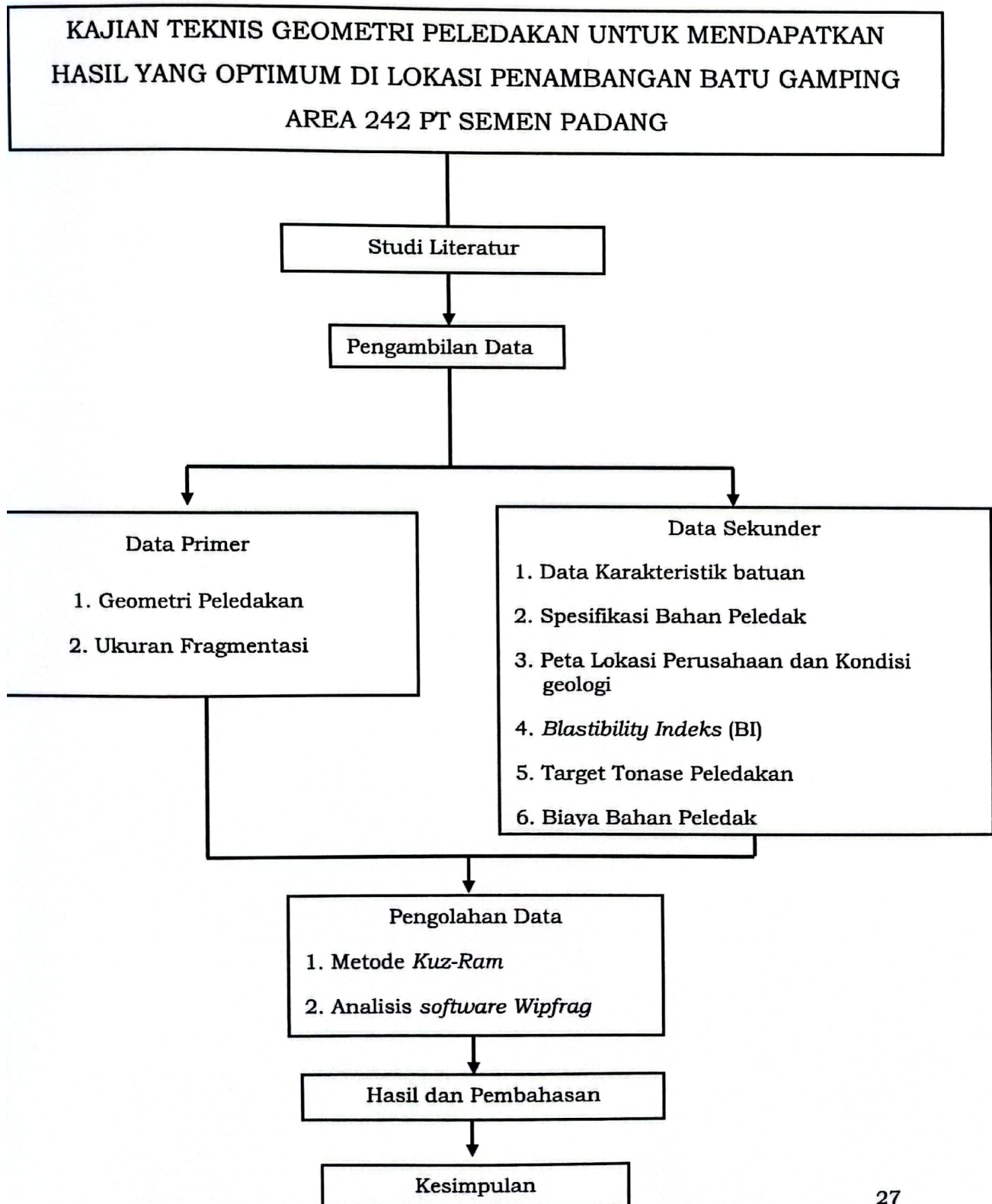
Metode analisis citra fotografi digunakan untuk mengkaji fragmentasi hasil peledakan dari foto yang diambil di lapangan. Program aplikasi *wiprag* digunakan dalam penelitian ini untuk mengkaji foto-foto fragmentasi material akibat peledakan. Keluaran berupa distribusi persentase kelulusan material yang dihasilkan dalam suatu ledakan akan diperoleh setelah dilakukan analisis dengan menggunakan perangkat lunak ini.

Wipfrag adalah program untuk image processing (disebut juga image analysis) yang dapat menentukan sebaran ukuran fragmen batuan yang terbentuk selama proses penambangan selama proses penghancuran. Perangkat lunak, komputer, keyboard, dan monitor adalah komponen dari sistem pemisahan *wipfrag*. Ada cara untuk mentransfer gambar dari kamera digital ke komputer. Perangkat lunak *wipfrag* terpisah didasarkan pada teknik pemrosesan gambar digital dan dirancang untuk menghitung distribusi ukuran hasil fragmentasi peledakan. Gambar diambil dari hasil peledakan menggunakan kamera digital atau kamera handphone. Perangkat lunak ini dapat secara otomatis atau manual menggambar batas (membelah batu) berdasarkan gambar yang diambil di lapangan dengan kamera. Setelah diedit, hasil penggambaran dianalisis (dihitung) untuk menghasilkan keluaran berupa informasi yang meliputi sebaran fragmentasi batuan dalam grafik hubungan persen yang

menggambarkan lepasan material kumulatif dan sebaran ukuran fragmentasi batuan pada citra.

Penelitian ini akan memberikan geometri yang diusulkan apabila volume batuan yang terbongkar tidak dapat tercapai setelah dilakukan perhitungan dan ditentukan tercapai atau tidaknya.

3.6 Diagram Penelitian



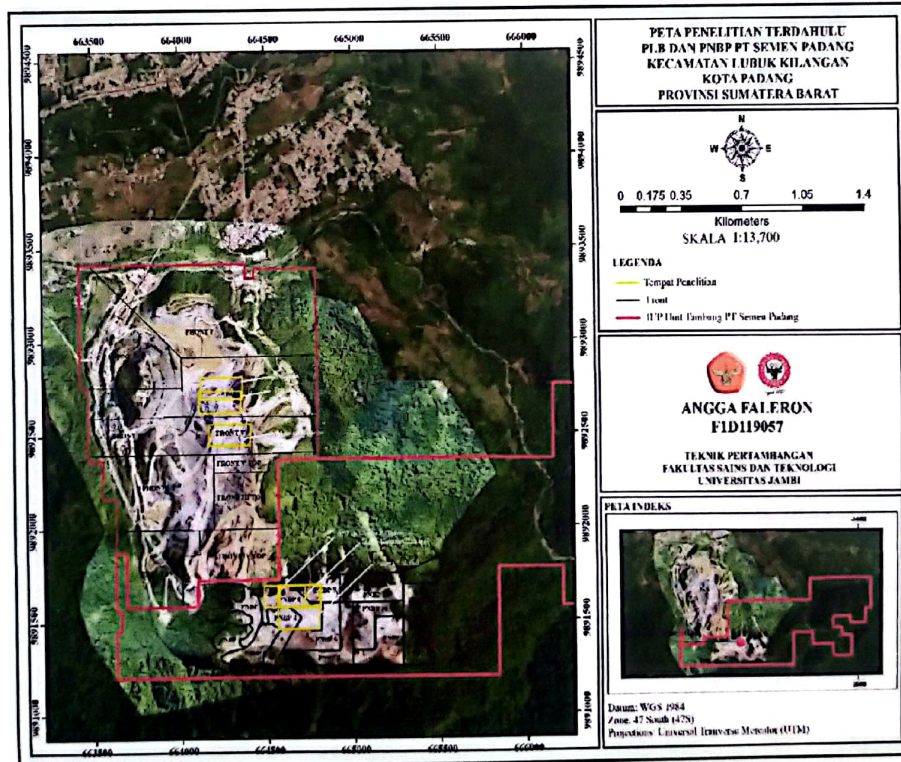
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Semen Padang di kawasan penambangan batugamping Bukit Tarajang. Keadaan geologi pada daerah ini merupakan bukit yang sangat terjal dengan sudut lereng alami dapat mencapai 45° . Bukit Karang Putih pada umumnya ditempati oleh batukapur (limestone) dengan terobosan batuan beku (basalt, andesit, granit). Secara geografis lokasi PT.Semen Padang berada pada ketinggian lebih kurang 200 meter di atas permukaan laut antara garis meridian $0^\circ 57' 50,58''$ Lintang Selatan sampai $0^\circ 58' 51,66''$ Lintang Selatan dan $100^\circ 28' 8,56''$ Bujur Timur sampai $100^\circ 28' 51,78''$ Bujur Timur., kawasan Indarung mulai menanjak di dasar Bukit Barisan. Membentang dari utara ke selatan pulau Sumatera pada ketinggian kurang dari 200 meter di atas permukaan laut, dengan ketinggian puncak 500 meter di atas permukaan laut.

Arah Strike dan Dip bidang perlapisan yang terdapat di Bukit Karang Putih adalah $N 25^\circ E / 74^\circ$. (Departemen Tambang PT. Semen Padang) merupakan suatu front Antiklin dengan poros perlapisan berarah lebih kurang Timur Laut sampai Barat Daya.



Gambar 8. Lokasi Penelitian di Area Bukit Tarajang

4.2 Geometri Peledakan Aktual

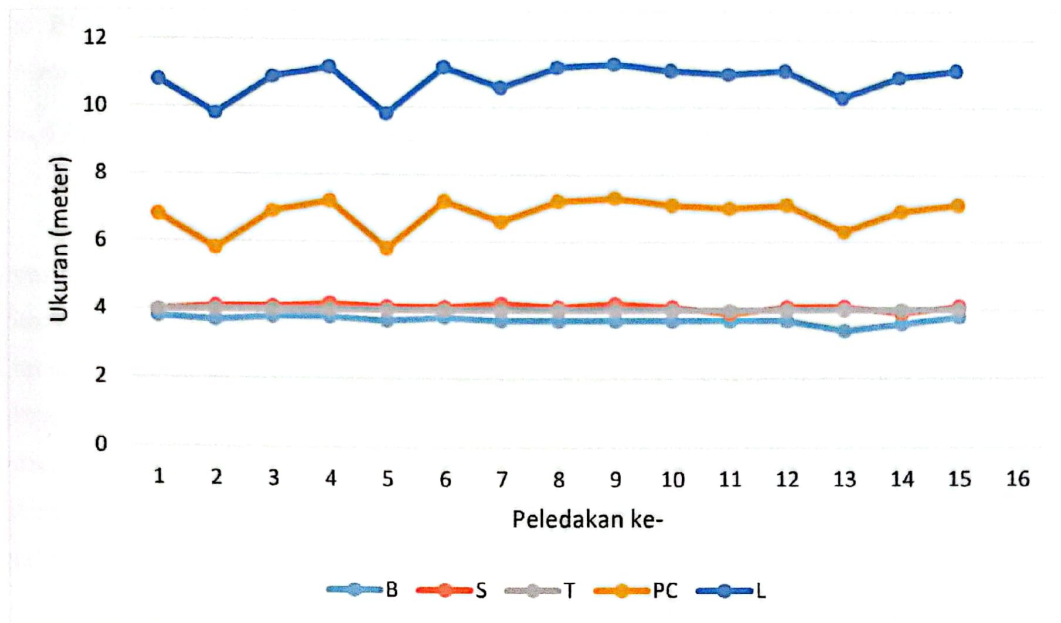
kegiatan pengeboran dan pembuatan geometri peledakan sangat erat kaitannya, pemahaman tentang pengeboran menjadi sangat penting. Pengeboran menggunakan mesin bor FRU05 dengan panjang stang kurang dari 12 meter dan kedalaman bor kurang dari 11 meter. Desain geometri peledakan adalah tahap dimana peledakan diharapkan dapat menghasilkan fragmentasi sesuai dengan rencana dan mencapai target peledakan. Karakteristik batuan yang akan diledakkan dan jenis bahan peledak yang akan digunakan menjadi pertimbangan dalam mendesain geometri peledakan untuk Area 242. Geometri dibuat melalui uji coba dan pengalaman sesuai dengan jumlah batuan yang akan diledakkan dan ukuran fragmentasi yang diinginkan. *Burden, spacing, stemming, kedalaman lubang ledak, diameter lubang, tinggi kolom isian, dan jumlah lubang* merupakan parameter perencanaan geometrik peledakan.

Tabel 3. Geometri Peledakan Aktual Area 242

No	Tanggal	Lokasi	Hole (N)	De (mm)	B (m)	S (m)	T (m)	PC (m)	L (m)	Tonase batuan yang terbungkar (ton)	Handak tiap lubang (kg)	PF (Kg/Ton)
1	22/05/2023	PNBP 5	130	127	3,8	4	4	6,8	10,8	56.553	112	0,25
2	25/05/2023	PNBP 6	63	127	3,7	4,1	4	5,8	9,8	24.819	95,5	0,24
3	26/05/2023	PNBP 10	70	127	3,8	4,1	4	6,9	10,9	31.501	113	0,25
4	27/05/2023	PNBP 10	70	127	3,8	4,2	4	7,2	11,2	33.158	118	0,25
5	29/05/2023	PNBP 10	105	127	3,7	4,1	4	5,8	9,8	41.366	95	0,24
6	6/06/2023	PNBP 5	70	127	3,8	4,1	4	7,2	11,2	32.369	118	0,25

7	8/06/2023	PNBP 7	45	127	3,7	4,2	4	6,6	10,6	19.643	108	0,24
8	9/06/2023	PNBP 7	40	127	3,7	4,1	4	7,2	11,2	18.009	118	0,26
9	12/06/2023	PNBP 7	125	127	3,7	4,2	4	7,3	11,3	58.168	120	0,25
10	13/06/2023	PNBP 5	50	127	3,7	4,1	4	7,1	11,1	22.311	116	0,26
11	15/06/2023	PNBP 5	60	127	3,7	3,9	4	7	11	25.238	115	0,27
12	19/06/2023	PNBP 5	47	127	3,7	4,1	4	7,1	11,1	20.972	116	0,26
13	20/06/2023	PNBP 4	60	127	3,4	4,1	4	6,3	10,3	22.829	103	0,27
14	21/06/2023	PNBP 5	60	127	3,6	3,9	4	6,9	10,9	24.332	113	0,28
15	22/06/2023	PNBP 5	55	127	3,8	4,1	4	7,1	11,1	25.205	116	0,25
RATA - RATA			70	127	3,7	4	4	6,8	10,8	29.650	112	0,26

Berdasarkan rata-rata geometri peledakan dapat dilihat pada tabel di atas yang didasarkan pada data geometri peledakan di area 242. Geometri mengungkapkan bahwa PT Semen Padang menggunakan *burden* rata-rata 3,7 meter, *spasi* 4 meter, kedalaman lubang 10,8 meter, *stemming* 4 meter, dan panjang isian kolom (PC) 6,8 meter di area 242, dapat dilihat pada (Lampiran 1). Geometri mengungkapkan bahwa rata-rata volume tonase batuan terbuka dari setiap peledakan adalah 29.650 ton, dengan rata-rata powder factor 0,26 kg/to



Gambar 9. Grafik Geometri Peledakan Aktual

4.3 Karakteristik Batuan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeboran dan peledakan serta akan mempengaruhi fragmentasi batuan peledakan tidak dapat mengontrol karakteristik batuan. Sifat fisik batuan, kekuatan batuan, dan titik lemah massanya adalah contoh dari karakteristik batuan. *Rock Mass Description* (RMS), *Joint Plane Spacing* (JPS), dan *Joint Plane Orientation* (JPO) merupakan komponen bidang lemah massa batuan. Adapun Tabel dibawah ini yang menunjukkan pembobotan massa batuan berdasarkan karakteristik batuan yang ada di lapangan.

Tabel 4. Blastability Indeks

Blasting Indeks	Parameter	Pembobotan Batugamping	Keterangan
	Rock Mass Description (RMD)	50	Massive
	Joint Plane Spacing (JPS)	20	intermediet
	Joint Plane Orientation (JPO)	40	Dip Into Face
	Specivic Gravity Influence (SGI)	9,25	
	Hardness (H)	3,76	
Blasting Indeks		61,50	

(Sumber : PT. Semen Padang, 2023)

Dengan menggunakan rumus $BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$ di lokasi peledakan, bobot blastability indeks menghasilkan nilai 61,50. Faktor batuan kemudian harus dihubungkan dengan daya ledak suatu batuan : $A = 0,12$

x BI, menghasilkan faktor batuan 7,38. Faktor batuan digunakan untuk menghitung fragmentasi hasil peledakan, dapat dilihat pada (Lampiran 2).

4.4 Analisis Distribusi Fragmentasi Hasil Peledakan dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dan *Software Wipfrag*

Menurut (Abimanyu, dkk, 2018), fragmentasi atau disebut dengan batuan yang telah terberaikan merupakan hal yang paling penting dari hasil peledakan, karena dari ukuran fragmentasi batuan merupakan dampak yang langsung terjadi dari hasil peledakan dan dapat juga mempengaruhi kegiatan selanjutnya. Fragmentasi hasil peledakan pada data geometri akan dicari dan dihitung dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dari data geometri aktual peledakan yang didapatkan di area 242. Dengan melihat persentase kelolosan fragmentasi pada screen 80cm pada Crusher yang digunakan di PT semen padang, maka Persamaan *Kuz-ram* dapat digunakan untuk melihat dan memprediksi ukuran fragmentasi berdasarkan hasil peledakan. Selanjutnya dilihat pada tabel 5 dibawah ini dan juga dapat dilihat pada (Lampiran 2).

Tabel 5. Fragmentasi peledakan Geometri Aktual

No	Tanggal	P 80 (cm)		Selisih ukuran
		<i>Kuz-Ram</i>	<i>Wifprag</i>	
1	22/05/2023	56 cm	52,76 cm	3,24 cm
2	25/05/2023	58 cm	50,65 cm	7,35 cm
3	26/05/2023	57 cm	45,23 cm	11,77 cm
4	27/05/2023	58 cm	44,35 cm	13,65 cm
5	29/05/2023	60 cm	34,27 cm	25,73 cm
6	6/06/2023	56 cm	36,79 cm	19,24 cm
7	8/06/2023	57 cm	42,34 cm	14,66 cm
8	9/06/2023	54 cm	52,02 cm	1,98 cm
9	12/06/2023	54 cm	31,59 cm	22,41 cm
10	13/06/2023	56 cm	33,35 cm	22,65 cm
11	15/06/2023	56 cm	39,23 cm	16,77 cm
12	19/06/2023	56 cm	32,69 cm	23,31 cm
13	20/06/2023	52 cm	42,94 cm	9,06 cm
14	21/06/2023	52 cm	27,33 cm	24,67 cm
15	22/06/2023	52 cm	53,61 cm	-1,67 cm
Rata - Rata		54 cm	41,27 cm	12,73 cm

Tabel 6. Standar Deviasi

No	X_i	$\bar{X}$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	3,24 cm	12,73	-9,49	90,06
2	7,35 cm	12,73	-5,38	28,94
3	11,77 cm	12,73	-0,96	0,92
4	13,65 cm	12,73	0,92	0,85
5	25,73 cm	12,73	13	169
6	19,24 cm	12,73	6,51	42,38
7	14,66 cm	12,73	1,93	3,72
8	1,98 cm	12,73	-10,75	115,56
9	22,41 cm	12,73	9,68	93,70
10	22,65 cm	12,73	9,92	98,40
11	16,77 cm	12,73	4,04	16,32
12	23,31 cm	12,73	10,58	111,93
13	9,06 cm	12,73	-3,67	13,47
14	24,67 cm	12,73	11,94	142,56
15	-1,67 cm	12,73	-14,4	207,36
Rata-rata	12,73 cm		Total	1.135,17

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1.135,17}{15-1}}$$

$$SD = \sqrt{81,08}$$

$$SD = 9$$

Berdasarkan hasil pada tabel 5 di atas dan perhitungan pada (Lampiran 2 & 6) terdapat perbedaan dari hasil rata-rata P80, atau 80% dari rata-rata hasil fragmentasi dan hasil produksi dari peledakan yang telah dilakukan. Maka kesimpulan bahwa dengan menggunakan geometri aktual pada metode *Kuz-Ram* menghasilkan ukuran P80 sebesar 54 cm dan *Wifrag* mendapatkan P80 sebesar 41,27 cm, artinya sudah memenuhi ukuran dan target yang diinginkan oleh *screen crusher* yaitu 80 cm namun volume batuan yang terbongkarpun kecil yaitu 29.650 ton per hari atau tidak mencukupi untuk memenuhi target yang diminta oleh perusahaan, maka diperlukan perubahan geometri peledakan saat ini untuk mencapai ukuran 80cm dan target perusahaan sebesar 35.000 ton per hari.

Fragmentasi tidak hanya dipengaruhi oleh powder factor saja, melainkan juga dipengaruhi oleh geometri peledakan. Untuk mengontrol fragmentasi batuan akibat peledakan, maka diperlukan perhitungan yang lebih spesifik. Besar kecilnya fragmentasi batuan mempengaruhi keberhasilan suatu peledakan, sehingga ukurannya harus dipertimbangkan. Menurut (Munawir, dkk, 2015), semakin besar geometri peledakan maka semakin besar pula fragmentasi batuan hasil peledakan yang dihasilkan sebaliknya, semakin kecil geometri peledakan maka semakin kecil pula fragmentasi peledakan yang dihasilkan. Untuk mengontrol fragmentasi batuan yang dihasilkan dan perlu adanya perhitungan yang lebih spesifik agar dapat mengontrol fragmentasi sesuai dengan yang diinginkan. Keberhasilan suatu peledakan ditentukan oleh ukuran fragmentasi batuan sehingga ukuran fragmentasi sangat penting untuk diperhatikan.

Burden dan spasi tentu berdampak pada energi ledakan yang dihasilkan, geometri aktual memiliki energi ledakan yang lebih tinggi dari pada geometri yang diusulkan Anderson. Berbeda dengan Burden and Spasi yang padat yang justru menghasilkan energi optimal karena energi ledakan cepat mencapai batuan sebelum hilang, Burden and Spasi yang besar tentunya membuat energi ledakan sulit untuk memecahkan sebuah batuan karena sebaran energi yang dijangkau cukup luas. Hal ini menyebabkan hilangnya energi ledakan sebelum mencapai batuan. Sesuai dengan pernyataan (Ridho, 2019) bahwa semakin besar volume batuan yang terbongkar semakin sedikit Powder factor dan hasil fragmentasi yang di hasilkan juga akan besar, sebaliknya semakin kecil volume batuan yang terbongkar semakin banyak Powder Factor menghasilkan fragmentasi yang kecil. Menurut Safarudin, dkk, (2016), semakin besar geometri peledakan maka semakin besar pula fragmentasi batuan hasil peledakan yang dihasilkan. sebaliknya, semakin kecil geometri peledakan maka semakin kecil pula fragmentasi peledakanyang dihasilkan.

4.5 Rekomendasi Geometri Peledakan Berdasarkan Perhitungan R.L. Ash, C.J. Konya, ICI Explosives, dan Anderson dan Prediksi Fragmentasi Menggunakan Kuz-Ram

Berdasarkan dari analisis geomteri peledakan yang telah dilakukan, maka untuk memperbaiki pada fragmentasi hasil peledakan harus diselesaikan perubahan pada geometri dan isian bahan peledak. Untuk memprediksi distribusi fragmentasi yang ideal sesuai dengan target perusahaan, penelitian ini menggunakan data geometri dari peledakan, pengisian bahan peledak, dan struktur batuan secara umum untuk mengkaji hasil fragmentasi peledakan menggunakan metode *Kuz-Ram*. Berdasarkan perhitungan pada (Lampiran 3),

R.L. Ash, C.J. Konya, ICI Explosives, dan Anderson memberikan rekomendasi untuk perhitungan geometri peledakan dan powder factor. dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Rekomendasi Geometri Menurut R.L. Ash, C.J. Konya, ICI Explosive, dan Anderson

GEOMETRI PELEDAKAN	R.L. ASH	C.J. KONYA	ICI EXPLOSIVES	ANDERSON
B (<i>Burden</i>)	4,8 m	3,8 m	4,2 m	4,3 m
S (<i>Spasi</i>)	5,8 m	4,7 m	4,8 m	4,9 m
T (<i>Stemming</i>)	4,8 m	3,8 m	3,8 m	4,3 m
L (Kedalaman)	12 m	11,1 m	11,3 m	10,7 m
PC (Kolom Isian)	7,2 m	7,3 m	7,5 m	6,4 m
De (<i>Loading Density</i>)	16,46 kg/m	16,46 kg/m	16,46 kg/m	16,46 kg/m
Handak perlubang	118 kg	120 kg	123 kg	105 kg
P80	86 cm	56 cm	64 cm	76 cm
Tonase batuan terbungkar (ton)	61.971	36.774	42.258	41.820
Biaya handak perlubang	Rp. 1.555.400	Rp. 1.581.700	Rp. 1.621.300	Rp. 1.384.000
Biaya handak perhari	Rp. 108.879.200	Rp. 110.720.000	Rp. 113.491.300	Rp. 96.883.400

(Sumber : Pengolahan Data, 2023)

Secara teoritis, Rekomendasi Geometri Menurut R.L. Ash, C.J. Konya, ICI Explosives, dan Anderson dapat dilihat pada tabel 6 di atas dan pada (Lampiran 3), dimana metode *Kuz-Ram* dapat digunakan untuk mencari dan menghitung distribusi fragmentasi peledakan hasil pada setiap data geometri. Dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dapat menentukan distribusi ukuran fragmentasinya dan apakah memenuhi P80 pada screen berukuran 80 cm, yang sesuai dengan tujuan yang diminta PT Semen Padang.

Berdasarkan rekomendasi perhitungan teoritis dari beberapa ahli (Lampiran 4). Setelah dilakukan perhitungan, tiga dari empat rekomendasi tingkat fragmentasi batuan lolos atau P80 pada ayakan ukuran 80 cm sudah memenuhi target perusahaan. Namun, penulis memilih salah satu dari tiga saran ini berdasarkan prediksi fragmentasi batuan yang lolos pada ukuran ayakan 80 cm untuk mencapai atau mendekati P80 yang ditargetkan perusahaan. Selanjutnya penulis mencari atau mempertimbangkan nilai powder factor yang rendah dan menghasilkan ukuran distribusi P80 yang mendekati target 80 cm yang diminta perusahaan untuk lolos pada screen 80 cm. Dengan demikian, penulis mengusulkan teori geometri peledakan Anderson. Hal ini dikarenakan fragmentasi nilai prediksi atau nilai P80 yang dihasilkan untuk saringan yang lolos berukuran 80 cm memiliki rata-rata distribusi sebesar 76 cm. Dengan geometri peledakan *burden* 4,3 m, *spasi* 4,9 m, dan *stemming* 4,3 m, panjang kolom 6,4 m, Kedalaman lubang ledak 10,7 m, dan isian bahan peledak tiap lubang ledak yaitu 105 kg/lubang.

Tabel 8. Perencanaan Ulang Geometri Peledakkan

Variabel Geometri	Geometri Aktual (Rata-Rata)	Geometri Usulan Anderson
Diameter Lubang Ledak	5 inchi (127mm)	5 inchi (127mm)
<i>Burden</i> (B)	3,7 m	4,3 m
<i>Spasi</i> (S)	4 m	4,9 m
<i>Stemming</i> (T)	4 m	4,3 m
Panjang Kolom Isian (PC)	6,8 m	6,4 m
Kedalaman Lubang Ledak (H)	10,8 m	10,7 m
Loading Density	16,46 kg/m	16,46 kg/m
Handak perlubang	112 kg	105 kg
P80 (cm)	54 cm	76 cm
Biaya handak perlubang	Rp. 1.476.300	Rp. 1.384.00
Biaya handak perhari	Rp. 103.343.800	Rp. 96.883.400
Powder Factor	0,26 kg/ton	0,17 kg/ton

Volume rata-rata tonase batuan terbongkar	29.650 ton/hari	41.820 ton/hari
--	-----------------	-----------------

Dengan menambah besaran burden, spasi, stemming, panjang kolom isian, dan kedalaman lubak ledak. Geometri peledakan Anderson dapat dijadikan acuan karena geometri yang jarak angkanya tidak terlalu jauh dengan geometri yang ada saat ini. Rekomendasi menurut Anderson adalah mengurangi jumlah isian bahan peledak yang digunakan pada lubang ledak agar tidak terlalu banyak dibandingkan isian bahan peledak aktual saat ini dan menghasilkan volume batuan terbongkar atau tonase Batuan yang terbongkar memenuhi target perusahaan. ukuran fragmentasi ideal yang melewati ayakan crusher dan telah mencapai target yang diinginkan perusahaan, yaitu distribusi P80 yang dihasilkan 76 cm, sesuai dengan prediksi persentase material lolos dan tertahan Anderson yang didapatkan dari perhitungan metode Kuzram. Dalam perhitungan Anderson ini, direkomendasikan isian bahan peledak untuk mengisi lubang, yang sebelumnya rata-rata 112kg/m menjadi 105 kg/m. Dalam pengurangan bahan peledak ini akan secara langsung mengurangi biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan, dimana biaya bahan peledakan yang awalnya sebesar Rp. 1.476.300 perlubang dan Rp. 103.343.800 perhari menjadi sebesar Rp. 1.384.000 perlubang dan 96.883.400 perhari. Dan target volume batuan yang terbongkar perusahaan adalah 35.000 ton per hari, dan angka ini cukup jika dilihat dari tingkat produksi volume batuan yang diledakkan dari rekomendasi anderson, jika diasumsikan dikalikan dengan jumlah lubang rata-rata aktual yang saat ini berjumlah 70 menghasilkan angka produksi sebesar 41.820 ton/hari. Angka tersebut sudah memenuhi target produksi perhari. Akan tetapi, jika ingin mengoptimalkan produksi yang hanya 35.000 ton/hari, maka kurangi jumlah lubang ledakan menjadi 59. Selanjutnya pada tabel 7 di bawah ini dijelaskan perbandingan geometri dan hasil tonase aktual dengan rekomendasi Anderson.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Geometri peledakan aktual dengan rata-rata *burden* 3,7 meter, *spasi* 4 meter, kedalaman lubang ledak 10,8 meter, *stemming* 4 meter, dan kolom isian 6,8 meter. Geometri aktual memiliki hasil ukuran fragmentasi P80 yaitu pada metode prediksi *Kuz-Ram* mendapat P80 sebesar 54 cm dan dengan menggunakan Software *wifprag* mendapatkan P80 sebesar 41,27 cm dengan kata lain sudah memenuhi ukuran yang diinginkan oleh screen crusher yang dipakai yaitu $\leq 80\text{cm}$.
2. Rekomendasi menggunakan persamaan Anderson geometri peledakan dengan *burden* 4,3 meter, *spasi* 4,9 meter, kedalaman lubang ledak 10,7 meter, *stemming* 4,3 meter, dan kolom isian 6,4 meter. Dengan menggunakan modifikasi geometri peledakan dengan rumusan Anderson dan didapatkan hasil tonase batuan terbongkar sebesar 41.820 ton/hari.
3. Menggunakan parameter teori Anderson *burden* 4,3 meter, *spasi* 4,9 meter, *stemming* 4,3 meter, kolom isian 6,4 meter, Kedalaman 10,7 meter, isian bahan peledak tiap lubang ledak yaitu 105 kg/lubang, volume batuan yang terbongkar 41.820 ton/hari, dan distribusi fragmentasi P80 pada screen $< 80\text{cm}$ sebesar 76 cm. Jika produksi dioptimalkan menjadi 35.000 ton per hari, maka jumlah lubang yang dihasilkan akan dikurangi menjadi 59. Sedangkan pada geometri aktual volume batuan yang terbongkar 29.650 ton/hari, volume tersebut tidak memenuhi target yang diminta perusahaan
4. Biaya bahan peledak pada geometri aktual sebesar Rp. 1.476.300 perlubang dan Rp. 103.343.800 perhari sedangkan biaya bahan peledak pada rekomendasi geometri sebesar Rp. 1.384.000 perlubang dan Rp. 96.883.400 perhari atau berkurang sebesar Rp. 92.300 perlubang dan Rp. 6.460.400 perhari dari geometri aktual. Sekitar 6% lebih hemat dari geomteri aktual.

5.2 Saran

1. Mengingat temuan evaluasi ini, operasi peledakan sebaiknya menggunakan geometri peledakan yang disarankan penulis, yang akan menghasilkan pencapaian target distribusi, target volume batuan yang terbongkar, pengurangan pemakaian biaya bahan peledak dan powder factor
2. Penelitian ini memfokuskan pada geometri peledakan yang digunakan, didapatkan bahwa fragmentasi hasil peledakan dipengaruhi beberapa parameter seperti bahan peledak, massa batuan, dan dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, D., Trides, T., & Skadilla. (2018). Evaluasi Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Batuan Dan Biaya Peledakan Pada Pit Lisat PT Teguh Sinarabadi Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 38-45.
- Ash, R. L. (1967). *The Mechanics Of Rock Breakage*. Pit And Quarry Magazine : Cleveland.
- Dian, N. d. (2019). Optimalisasi Kinerja Limestone Crusher III A (LSC III A) Dengan Metode Overall Equipment Efektiveness (OEE) Untuk Memenuhi Target Produksi Limestone Di PT Semen Padang Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 143-153.
- Ghanda. (2020). Kajian Teknis Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Pada Peledakan Batu Gamping di PT Semen Padang. *Jurnal Teknik Kebumian*, 1-9.
- Gianto, T. (2021). Analisis Pengaruh Pola Peledakan Terhadap Fragmentasi Dan Produktifitas Excavator Pada Kegiatan Pembongkaran Batu Gamping Di Area 15.15 PT Semen Padang. *Jurnal Teknik Kebumian*, 1-18.
- Hartman, H. L. (1987). *Introductory Mining Engineering*. John Wiley And Sons: New York .
- Konya, C. J. (1990). *Surface Blast Design*. New Jersey : Prentice Hall Inc.
- Kusuma, R. (2022). Perencanaan Ulang Geometri Peledakan Pada Penambangan Batu Gamping Area 242 IUP 329 Bukit Tarajang PT Semen Padang. *Jurnal Teknik Kebumian*, 1-16.
- Kuznetsov. (1973). *The Modern Technique Of Rock Blasting*. John Wiley Dan Sons : Sydney.
- Milus, A., Eko, S., & Hafidz, N. (2021). Kajian Pengaruh Faktor Batuan Terhadap Fragmentasi Batuan Overburden Hasil Peledakan Berdasarkan Model Kuz-Ram. *Jurnal Himasapta*, 79-84.
- Munawir, Andi, I., & Anshariah. (2015). Analisis Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Overburden Pada Tambang Batubara PT

- Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan. *Jurnal Geomine*, 1-14.
- Novalia, H., Faizar, F., & Yosa, M. (2022). Kajian Biaya Peledakan Pada Proses Pembongkaran Batu Kapur Di PT. Semen Padang. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 683-699.
- Nubatonis, J. F., & Ag. Isjudarto, S. A. (2020). Analisis Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimal Guna Meningkatkan Digging Time Alat Hydraulic Loading Excavator Komatsu PC 2000. *Jurnal Mining Insight*, 253-262.
- Nubatonis, J., Ag. Isjudarto, & Shilvynora, A. (2020). Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimal Guna Meningkatkan Digging Time Alat Hydraulic Loading Excavator Komatsu PC 2000. *Jurnal Mining Insight*, 253-262.
- Prastio, O. :, Riswan, Kartini, & Jhon, T. (2016). Evaluasi Pemboran Lubang Ledak Pada Tambang Limestone. *Jurnal Geosapta*, 79-87.
- Rahman, M. F., Faizar, F., & Muhammad, I. R. (2022). Kajian Teknik Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Dan Produksi Yang Optimum Di Lokasi Penambangan Batu Gamping Area 242, IUP 329 Bukit Tarajang, PT. Semen Padang. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 1-10.
- Ridho, M. D. (2019). Kajian Teknis Pengaruh Fragnmetasi Hasil Peledakan Di PT Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang*, 1-12.
- Safarudin, Purwanto, & Djamaludin. (2016). Analisis Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Fragmentasi Dan Digging Time Material Blasting. *Jurnal JPE*, 54-62.
- Siddiqui, F. I., Ali Shah, S. M., & Behan, M. Y. (2009). *Measurement Of Size Distribution Of Blasted Rock Using Digital Image Processing*. Mehran University Of Eng And Tech Jamshoro : Pakistan.
- Sujiman, Hasyim, I., & 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*, 1-12.

Lampiran 1. *Perhitungan Geometri Peledakan dan Fragmentasi Aktual*

1. Perhitungan geometri aktual tanggal 22 mei 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,8 m
Spasi (S)	: 4 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,8 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 10,8 m
Jumlah Lubang (n)	: 130

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned}V &= B \times S \times L \\&= 3,8 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 10,8 \text{ m} \\&= 164,16 \text{ bcm}\end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned}V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\&= 3,8 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 10,8 \text{ m} \times 130 \times 2,65 \text{ ton/m} \\&= 56.553 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Loading *Density* (de)

$$\begin{aligned}de &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\&= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\&= 16,46 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned}E &= de \times PC \\&= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,8 \text{ m} \\&= 112 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned}Qe &= de \times PC \times n \\&= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,8 \text{ m} \times 130 \\&= 14.560 \text{ kg}\end{aligned}$$

- *Powder Factor* (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$
$$= \frac{14.560 \text{ kg}}{56.553 \text{ ton}}$$
$$= 0,25 \text{ kg/ton}$$

2. Perhitungan geometri aktual tanggal 25 mei 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m

Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 5,8 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 9,8 m
Jumlah Lubang (n)	: 63

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \\
 &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \\
 &= 148,67 \text{ bcm}
 \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\
 &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \times 63 \times 2,65 \text{ ton/m} \\
 &= 24.819 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Loading *Density* (de)

$$\begin{aligned}
 de &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\
 &= 16,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned}
 E &= de \times PC \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 5,8 \text{ m} \\
 &= 95,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned}
 Qe &= de \times PC \times n \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,8 \text{ m} \times 63 \\
 &= 6.018 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- *Powder Factor* (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{6.018 \text{ kg}}{24.819 \text{ ton}}$$

$$= 0,24 \text{ kg/ton}$$

3. Perhitungan geometri aktual tanggal 26 mei 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,8 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,9 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 10,9 m

Jumlah Lubang (n) : 70

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 10,9 \text{ m}$$

$$= 169,82 \text{ bcm}$$

- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 10,9 \text{ m} \times 70 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 31.501 \text{ ton}$$

- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,9 \text{ m}$$

$$= 113 \text{ kg}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,9 \text{ m} \times 70$$

$$= 7.955 \text{ kg}$$

- *Powder Factor* (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$
$$= \frac{7.955 \text{ kg}}{31.501 \text{ ton}}$$
$$= 0,25 \text{ kg/ton}$$

4. Perhitungan geometri aktual tanggal 27 mei 2023

Diketahui : Diameter lubang (D) : 5 inc

Burden (B) : 3,8 m

Spasi (S) : 4,2 m

Stemming (T) : 4 m

Panjang kolom isian (PC) : 7,2 m

Kedalaman Lubang ledak (L) : 11,2 m

Jumlah Lubang (n) : 70

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \\
 &= 3,8 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \times 11,2 \text{ m} \\
 &= 178,75 \text{ bcm}
 \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\
 &= 3,8 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \times 11,2 \text{ m} \times 70 \times 2,65 \text{ ton/m} \\
 &= 33.158 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Loading *Density* (de)

$$\begin{aligned}
 de &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\
 &= 16,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned}
 E &= de \times PC \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m} \\
 &= 118 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned}
 Qe &= de \times PC \times n \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m} \times 70 \\
 &= 8.300 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- *Powder Factor* (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{8.300 \text{ kg}}{33.158 \text{ ton}}$$

$$= 0,25 \text{ kg/ton}$$

5. Perhitungan geometri aktual tanggal 29 mei 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 5,8 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 9,8 m
Jumlah Lubang (n)	: 105

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \\
 &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \\
 &= 148,66 \text{ bcm}
 \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 9,8 \text{ m} \times 105 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 41.366 \text{ ton}$$
- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$
- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 5,8 \text{ m}$$

$$= 95 \text{ kg}$$
- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 5,8 \text{ m} \times 105$$

$$= 10.030 \text{ kg}$$
- Powder Factor (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{10.030 \text{ kg}}{41.366 \text{ ton}}$$

$$= 0,24 \text{ kg/ton}$$

6. Perhitungan geometri aktual tanggal 6 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,8 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,2 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11,2 m
Jumlah Lubang (n)	: 70

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,2 \text{ m}$$

$$= 174,49 \text{ bcm}$$
- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,2 \text{ m} \times 70 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 32.369 \text{ ton}$$

- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m}$$

$$= 118 \text{ kg}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m} \times 70$$

$$= 8.300 \text{ kg}$$

- Powder Factor (PF) = $\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$
- $$= \frac{8.300 \text{ kg}}{32.369 \text{ ton}}$$
- $$= 0,25 \text{ kg/ton}$$

7. Perhitungan geometri aktual tanggal 8 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4,2 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,6 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 10,6 m
Jumlah Lubang (n)	: 45

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \times 10,6 \text{ m}$$

$$= 164,72 \text{ bcm}$$

- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \times 10,6 \text{ m} \times 45 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 19.643 \text{ ton}$$

- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$
- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,6 \text{ m}$$

$$= 108 \text{ kg}$$
- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,6 \text{ m} \times 45$$

$$= 4.891 \text{ kg}$$
- Powder Factor (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{4.891 \text{ kg}}{19.643 \text{ ton}}$$

$$= 0,24 \text{ kg/ton}$$

8. Perhitungan geometri aktual tanggal 9 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,2 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11,2 m
Jumlah Lubang (n)	: 40

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,2 \text{ m}$$

$$= 169,90 \text{ bcm}$$
- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,2 \text{ m} \times 40 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 18.009 \text{ ton}$$
- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m}$$

$$= 118 \text{ kg}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m} \times 40$$

$$= 4.743 \text{ kg}$$

- *Powder Factor (PF)* =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{4.743 \text{ kg}}{18.009 \text{ ton}}$$

$$= 0,26 \text{ kg/ton}$$

9. Perhitungan geometri aktual tanggal 12 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4,2 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,3 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11,3 m
Jumlah Lubang (n)	: 125

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \times 11,3 \text{ m}$$

$$= 175,60 \text{ bcm}$$

- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,7 \text{ m} \times 4,2 \text{ m} \times 11,3 \text{ m} \times 125 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 58.168 \text{ ton}$$

- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned}
 E &= de \times PC \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,3 \text{ m} \\
 &= 120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned}
 Qe &= de \times PC \times n \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,3 \text{ m} \times 125 \\
 &= 15.028 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- *Powder Factor* (PF) = $\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$

$$= \frac{15.028 \text{ kg}}{58.168 \text{ ton}}$$

$$= 0,25 \text{ kg/ton}$$

10. Perhitungan geometri aktual tanggal 13 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,1 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11,1 m
Jumlah Lubang (n)	: 50

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \\
 &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,1 \text{ m} \\
 &= 168,38 \text{ bcm}
 \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\
 &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,1 \text{ m} \times 50 \times 2,65 \text{ ton/m} \\
 &= 22.311 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- Loading *Density* (de)

$$\begin{aligned}
 de &= 0,25 \times 3,14 D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\
 &= 16,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned}
 E &= de \times PC \\
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,1 \text{ m} \\
 &= 116 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned} Q_e &= d_e \times PC \times n \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,1 \text{ m} \times 50 \\ &= 5.846 \text{ kg} \end{aligned}$$

- *Powder Factor* (PF) = $\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$

$$= \frac{5.846 \text{ kg}}{22.311 \text{ ton}}$$

$$= 0,26 \text{ kg/ton}$$

11. Perhitungan geometri aktual tanggal 15 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 3,9 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11 m
Jumlah Lubang (n)	: 60

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \\ &= 3,7 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 11 \text{ m} \\ &= 158,73 \text{ bcm} \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\ &= 3,7 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 11 \text{ m} \times 60 \times 2,65 \text{ ton/m} \\ &= 25.238 \text{ ton} \end{aligned}$$

- *Loading Density* (de)

$$\begin{aligned} d_e &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned} E &= d_e \times PC \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7 \text{ m} \\ &= 115 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned} Q_e &= d_e \times PC \times n \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7 \text{ m} \times 60 \end{aligned}$$

$$= 6.917 \text{ kg}$$

- $$\begin{aligned} \text{Powder Factor (PF)} &= \frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}} \\ &= \frac{6.917 \text{ kg}}{25.238 \text{ ton}} \\ &= 0,27 \text{ kg/ton} \end{aligned}$$

12. Perhitungan geometri aktual tanggal 19 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,1 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11,1 m
Jumlah Lubang (n)	: 47

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \\ &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,1 \text{ m} \\ &= 168,38 \text{ bcm} \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\ &= 3,7 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,1 \text{ m} \times 47 \times 2,65 \text{ ton/m} \\ &= 20.972 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Loading *Density* (de)

$$\begin{aligned} de &= 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned} E &= de \times PC \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,1 \text{ m} \\ &= 116 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned} Qe &= de \times PC \times n \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,1 \text{ m} \times 47 \\ &= 5.492 \text{ kg} \end{aligned}$$

- $$\text{Powder Factor (PF)} = \frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{5.492 \text{ kg}}{20.972 \text{ ton}}$$

$$= 0,26 \text{ kg/ton}$$

13. Perhitungan geometri aktual tanggal 20 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,4 m
Spasi (S)	: 4,1 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,3 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 10,3 m
Jumlah Lubang (n)	: 60

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,4 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 10,3 \text{ m}$$

$$= 143,58 \text{ bcm}$$

- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,4 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 10,3 \text{ m} \times 60 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 22.829 \text{ ton}$$

- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,3 \text{ m}$$

$$= 103 \text{ kg}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,3 \text{ m} \times 60$$

$$= 6.221 \text{ kg}$$

- *Powder Factor* (PF) = $\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$
- $$= \frac{6.221 \text{ kg}}{22.829 \text{ ton}}$$
- $$= 0,27 \text{ kg/ton}$$

14. Perhitungan geometri aktual tanggal 21 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,6 m
Spasi (S)	: 3,9 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,9 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 10,9 m
Jumlah Lubang (n)	: 60

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned}V &= B \times S \times L \\&= 3,6 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 10,9 \text{ m} \\&= 153,03 \text{ bcm}\end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned}V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\&= 3,6 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \times 10,9 \text{ m} \times 60 \times 2,65 \text{ ton/m} \\&= 24.332 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Loading Density (de)

$$\begin{aligned}de &= 0,25 \times 3,14 D^2 \times \text{SG bahan peledak} \times 1000 \\&= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\&= 16,46 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned}E &= de \times PC \\&= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,9 \text{ m} \\&= 113 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned}Qe &= de \times PC \times n \\&= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,9 \text{ m} \times 60 \\&= 6.814 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Powder Factor (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$
$$= \frac{6.814 \text{ kg}}{24.332 \text{ ton}}$$
$$= 0,28 \text{ kg/ton}$$

15. Perhitungan geometri aktual tanggal 22 juni 2023

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,8 m
Spasi (S)	: 4,1 m

Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,1 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 11,1 m
Jumlah Lubang (n)	: 55

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$V = B \times S \times L$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,1 \text{ m}$$

$$= 172,93 \text{ bcm}$$

- Volume peledakan perhari

$$V = B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}}$$

$$= 3,8 \text{ m} \times 4,1 \text{ m} \times 11,1 \text{ m} \times 55 \times 2,65 \text{ ton/m}$$

$$= 25.205 \text{ ton}$$

- Loading *Density* (de)

$$de = 0,25 \times 3,14 \times D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000$$

$$= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000$$

$$= 16,46 \text{ kg/m}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$E = de \times PC$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,1 \text{ m}$$

$$= 116 \text{ kg}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$Qe = de \times PC \times n$$

$$= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,1 \text{ m} \times 55$$

$$= 6.427 \text{ kg}$$

- Powder Factor (PF) =
$$\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$$

$$= \frac{6.427 \text{ kg}}{25.205 \text{ ton}}$$

$$= 0,25 \text{ kg/ton}$$

16. Perhitungan geometri aktual (Rata-Rata)

Diketahui : Diameter lubang (D)	: 5 inc
Burden (B)	: 3,7 m
Spasi (S)	: 4 m
Stemming (T)	: 4 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,8 m
Kedalaman Lubang ledak (L)	: 10,8 m
Jumlah Lubang (n)	: 70

Volume peledakan

- Volume peledakan perlubang

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \\ &= 3,7 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 10,8 \text{ m} \\ &= 159,84 \text{ bcm} \end{aligned}$$

- Volume peledakan perhari

$$\begin{aligned} V &= B \times S \times L \times n \times p_{\text{limestone}} \\ &= 3,7 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 10,8 \text{ m} \times 70 \times 2,65 \text{ ton/m} \\ &= 29.650 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Loading *Density* (de)

$$\begin{aligned} de &= 0,25 \times 3,14 D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Bahan Peledak Pelubang

$$\begin{aligned} E &= de \times PC \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,8 \text{ m} \\ &= 112 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Pemakaian Bahan Peledak (Qe)

$$\begin{aligned} Qe &= de \times PC \times n \\ &= 16,46 \text{ kg/m} \times 6,8 \text{ m} \times 70 \\ &= 7.834 \text{ kg} \end{aligned}$$

- *Powder Factor* (PF) = $\frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume batuan yang akan diledakkan}}$
$$= \frac{7.834 \text{ kg}}{29.650 \text{ ton}}$$
$$= 0,26 \text{ kg/ton}$$

Lampiran 2. Perhitungan Teoritis Fragmentasi Dengan Metode Kuz-Ram

1. Perhitungan Fragmentasi Metode Kuz-Ram 22 mei 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo)	: 164,16
Berat bahan peledak perlubang (Qe)	: 112 kg
RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
Diameter (De)	: 127 mm
Burden (B)	: 3.8 m
Spacing (S)	: 4 m
Ratio spasi/burden (A)	: 1,05
Kedalaman lubang ledak (H)	: 10,8 m
Panjang kolom isian (PC)	: 6,8 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38
- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$
$$X = 7,38 \left(\frac{164,16}{112} \right)^{0,8} x 112^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$
$$X = 26,48$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$
$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,8}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,8} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,05 - 1}{2} \right) \right] x \left(\frac{6,8}{10,8} \right)$$
$$n = 1,15$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$
$$X_C = \frac{26,48}{(0,693)^{\frac{1}{1,15}}}$$

$$X_C = 36,77$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{36,77}\right)^{1,15}}$$

$$R = 0,6135 \times 100\%$$

$$R = 61,35 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,65 \%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{36,77}\right)^{1,15}}$$

$$R = 0,3653 \times 100\%$$

$$R = 36,53 \%$$

$$\text{Lolos} = 63,47\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{36,77}\right)^{1,15}}$$

$$R = 0,1747 \times 100\%$$

$$R = 17,47 \%$$

$$\text{Lolos} = 82,53\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{36,77}\right)^{1,15}}$$

$$R = 0,0878 \times 100\%$$

$$R = 8,78 \%$$

$$\text{Losos} = 91,22\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{36,77}\right)^{1,15}}$$

$$R = 0,0432 \times 100\%$$

$$R = 4,32 \%$$

$$\text{Lolos} = 95,68\%$$

2. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 25 mei 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_o) : 148,67

Berat bahan peledak perlubang (Q_e) : 95,5 kg

RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
Diameter (De)	: 127 mm
Burden (B)	: 3.7 m
Spacing (S)	: 4,1 m
Ratio spasi/burden (A)	: 1,1
Kedalaman lubang ledak (H)	: 9,8 m
Panjang kolom isian (PC)	: 5,8 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{148,67}{95,5} \right)^{0,8} x 95,5^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 27,09$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,1-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{5,8}{9,8} \right)$$

$$n = 1,11$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{27,09}{(0,693)^{\frac{1}{1,11}}}$$

$$Xc = 38,15$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{38,15}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,6196 x 100\%$$

$$R = 61,96 \%$$

Lolos = 38,04%

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{38,15}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,3510 \times 100\%$$

$$R = 35,10 \%$$

Lolos = 64,90%

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{38,15}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,1942 \times 100\%$$

$$R = 19,42 \%$$

Lolos = 80,58%

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{38,15}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,1040 \times 100\%$$

$$R = 10,40 \%$$

Lolos = 89,60%

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{38,15}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,0549 \times 100\%$$

$$R = 5,49 \%$$

Lolos = 94,51%

3. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 26 mei 2023

Diketahui :	Volume batuan yang terbongkar (v_0)	: 169,82
	Berat bahan peledak per lubang (Q_e)	: 113 kg
	RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
	Diameter (D_e)	: 127 mm
	Burden (B)	: 3.8 m
	Spacing (S)	: 4,1 m
	Ratio spasi/burden (A)	: 1,07
	Kedalaman lubang ledak (H)	: 10,9 m

Panjang kolom isian (PC) : 6,9 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{169,82}{113} \right)^{0,8} x 113^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 27,09$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,8}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,8} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,07 - 1}{2} \right) \right] x \left(\frac{6,9}{10,9} \right)$$

$$n = 1,16$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{27,09}{(0,693)^{\frac{1}{1,16}}}$$

$$X_c = 37,62$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{37,62}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,61,96 \times 100\%$$

$$R = 61,96 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,04\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{37,62}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,3441 \times 100\%$$

$$R = 34,41 \%$$

$$\text{Lolos} = 65,59\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{37,62}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,1818 \times 100\%$$

$$R = 18,18 \%$$

$$\text{Lolos} = 81,82\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{37,62}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,0923 \times 100\%$$

$$R = 9,23 \%$$

$$\text{Lolos} = 90,77\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{37,62}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,0454 \times 100\%$$

$$R = 4,54 \%$$

$$\text{Lolos} = 95,46\%$$

4. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 27 mei 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_o)	: 178,75
Berat bahan peledak per lubang (Q_e)	: 118 kg
RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
Diameter (D_e)	: 127 mm
Burden (B)	: 3.8 m
Spacing (S)	: 4,2 m
Ratio spasi/burden (A)	: 1,1
Kedalaman lubang ledak (H)	: 11,2 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,2 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12

$$= 7,38$$

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{178,75}{118} \right)^{0,8} x 118^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 27,45$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,8}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,8} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,1-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{7,2}{11,2} \right)$$

$$n = 1,20$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{27,45}{(0,693)^{\frac{1}{1,20}}}$$

$$Xc = 37,60$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{37,60}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,6321 \times 100\%$$

$$R = 63,21 \%$$

$$\text{Lolos} = 36,79\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{37,60}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,3441 \times 100\%$$

$$R = 34,41 \%$$

$$\text{Lolos} = 65,59\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{37,60}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,1747 \times 100\%$$

$$R = 17,47 \%$$

$$\text{Lolos} = 82,53\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{37,60}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0852 \times 100\%$$

$$R = 8,52 \%$$

$$\text{Lolos} = 91,48\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{37,60}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0399 \times 100\%$$

$$R = 3,99 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,01\%$$

5. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 29 mei 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 148,66

Berat bahan peledak perlubang (Qe) : 95 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.7 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,1

Kedalaman lubang ledak (H) : 9,8 m

Panjang kolom isian (PC) : 5,8 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{148,66}{95} \right)^{0,8} \times 95^{0,17} \times \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 27,27$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,1-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{5,8}{9,8} \right)$$

$$n = 1,11$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{27,27}{(0,693)^{\frac{1}{1,11}}}$$

$$Xc = 38,40$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{38,40}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,6196 \times 100\%$$

$$R = 61,96 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,04\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{38,40}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,3545 \times 100\%$$

$$R = 35,45 \%$$

$$\text{Lolos} = 64,55\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{38,40}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,1949 \times 100\%$$

$$R = 19,49 \%$$

$$\text{Lolos} = 80,51\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{38,40}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,1061 \times 100\%$$

$$R = 10,61 \%$$

$$\text{Lolos} = 89,39\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{38,40}\right)^{1,11}}$$

$$R = 0,0560 \times 100\%$$

$$R = 5,60 \%$$

$$\text{Lolos} = 94,40\%$$

6. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 6 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 174,49

Berat bahan peledak per lubang (Qe) : 118 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.8 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,07

Kedalaman lubang ledak (H) : 11,2 m

Panjang kolom isian (PC) : 7,2 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
 - = 61,50 x 0,12
 - = 7,38
- Fragmentasi Hasil Peledakan
 - a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{174,49}{118}\right)^{0,8} \times 118^{0,17} \times \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 26,92$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,8}{127}\right) x \left(1 - \frac{0}{3,8}\right) x \left[\left(1 + \frac{1,07 - 1}{2}\right)\right] x \left(\frac{7,2}{11,2}\right)$$

$$n = 1,17$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{26,92}{(0,693)^{\frac{1}{1,17}}}$$

$$Xc = 36,87$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{36,87}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,6196 \times 100\%$$

$$R = 61,96 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,04\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{36,87}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,3339 \times 100\%$$

$$R = 33,39 \%$$

$$\text{Lolos} = 66,61\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{36,87}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,1729 \times 100\%$$

$$R = 17,29 \%$$

$$\text{Lolos} = 82,71\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{36,87}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,0852 \times 100\%$$

$$R = 8,52 \%$$

$$\text{Lolos} = 91,48\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{36,87}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,0407 \times 100\%$$

$$R = 4,07 \%$$

$$\text{Lolos} = 95,93\%$$

7. Perhitungan Fragmentasi Metode Kuz-Ram 8 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 164,72

Berat bahan peledak per lubang (Qe) : 108 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.7 m

Spacing (S) : 4,2 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,13

Kedalaman lubang ledak (H) : 10,6 m

Panjang kolom isian (PC) : 6,6 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38
- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{164,72}{108}\right)^{0,8} x 108^{0,17} x \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 27,27$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127}\right) x \left(1 - \frac{0}{3,7}\right) x \left[\left(1 + \frac{1,13-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{6,6}{10,6}\right)$$

$$n = 1,18$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{27,27}{(0,693)^{\frac{1}{1,18}}}$$

$$X_c = 37,35$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{37,35}\right)^{1,18}}$$

$$R = 0,6258 \times 100\%$$

$$R = 62,58 \%$$

$$\text{Lolos} = 37,42\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{37,35}\right)^{1,18}}$$

$$R = 0,3407 \times 100\%$$

$$R = 34,07 \%$$

$$\text{Lolos} = 65,93\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{37,35}\right)^{1,18}}$$

$$R = 0,1764 \times 100\%$$

$$R = 17,64 \%$$

$$\text{Lolos} = 82,36\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 80 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{37,35}\right)^{1,18}}$$

$$R = 0,0869 \times 100\%$$

$$R = 8,69 \%$$

$$\text{Lolos} = 91,31\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 100 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{37,35}\right)^{1,18}}$$

$$R = 0,0415 \times 100\%$$

$$R = 4,15 \%$$

$$\text{Lolos} = 95,85\%$$

8. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 9 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 169,90

Berat bahan peledak perlubang (Qe) : 118 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.7 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,1

Kedalaman lubang ledak (H) : 11,2 m

Panjang kolom isian (PC) : 7,2 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38
- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{169,90}{118}\right)^{0,8} \times 118^{0,17} \times \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 26,30$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left[\left(1 + \frac{A-1}{2}\right)\right] \times \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127}\right) \times \left(1 - \frac{0}{3,7}\right) \times \left[\left(1 + \frac{1,1-1}{2}\right)\right] \times \left(\frac{7,2}{11,2}\right)$$

$$n = 1,20$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_C = \frac{26,30}{(0,693)^{\frac{1}{1,20}}}$$

$$X_c = 36,02$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{36,02}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,6135 \times 100\%$$

$$R = 61,35 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,65\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{36,02}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,3241 \times 100\%$$

$$R = 32,41 \%$$

$$\text{Lolos} = 67,59\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{36,02}\right)^{1,20}}$$

$$R = 15,97 \times 100\%$$

$$R = 15,97 \%$$

$$\text{Lolos} = 84,03\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{36,02}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0748 \times 100\%$$

$$R = 7,48 \%$$

$$\text{Lolos} = 92,52$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{36,02}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0337 \times 100\%$$

$$R = 3,37 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,63\%$$

9. Perhitungan Fragmentasi Metode Kuz-Ram 12 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_o) : 175,60
 Berat bahan peledak per lubang (Q_e) : 120 kg
 RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87
 Diameter (D_e) : 127 mm
 Burden (B) : 3,7 m
 Spacing (S) : 4,2 m
 Ratio spasi/burden (A) : 1,13
 Kedalaman lubang ledak (H) : 11,3 m
 Panjang kolom isian (PC) : 7,3 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = $BI \times 0,12$
 $= 61,50 \times 0,12$
 $= 7,38$

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{175,60}{120} \right)^{0,8} \times 120^{0,17} \times \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 26,74$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{D_e} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,13-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{7,3}{11,3} \right)$$

$$n = 1,22$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{26,74}{(0,693)^{\frac{1}{1,22}}}$$

$$X_c = 36,13$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c} \right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{36,13} \right)^{1,22}}$$

$$R = 0,6196 \times 100\%$$

$$R = 61,96 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,04\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{36,13}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,3241 \times 100\%$$

$$R = 32,41 \%$$

$$\text{Lolos} = 67,59\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{36,13}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,1581 \times 100\%$$

$$R = 15,81 \%$$

$$\text{Lolos} = 84,19\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{36,13}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,0726 \times 100\%$$

$$R = 7,26 \%$$

$$\text{Lolos} = 92,74\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{36,13}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,0317 \times 100\%$$

$$R = 3,17 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,83\%$$

10. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 13 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_0) : 168,38

Berat bahan peledak per lubang (Q_e) : 116 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.7 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A)	: 1,1
Kedalaman lubang ledak (H)	: 11,1 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,1 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{168,38}{116} \right)^{0,8} x 116^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 26,39$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,1-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{7,1}{11,1} \right)$$

$$n = 1,20$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{26,39}{(0,693)^{\frac{1}{1,20}}}$$

$$Xc = 36,15$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,6135 x 100\%$$

$$R = 61,35 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,65\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,3273 \times 100\%$$

$$R = 32,72 \%$$

$$\text{Lolos} = 67,27\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,1613 \times 100\%$$

$$R = 16,13 \%$$

$$\text{Lolos} = 83,87\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0756 \times 100\%$$

$$R = 7,56 \%$$

$$\text{Lolos} = 92,44\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0340 \times 100\%$$

$$R = 3,40 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,60\%$$

11. Perhitungan Fragmentasi Metode Kuz-Ram 15 juni 2023

Diketahui :	Volume batuan yang terbongkar (vo)	: 158,73
	Berat bahan peledak perlubang (Qe)	: 115 kg
	RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
	Diameter (De)	: 127 mm
	Burden (B)	: 3.7 m
	Spacing (S)	: 3,9 m
	Ratio spasi/burden (A)	: 1,05
	Kedalaman lubang ledak (H)	: 11m
	Panjang kolom isian (PC)	: 7 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50

- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12

$$= 61,50 \times 0,12$$

$$= 7,38$$

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{158,73}{115} \right)^{0,8} x 115^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 25,42$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,05 - 1}{2} \right) \right] x \left(\frac{7}{11} \right)$$

$$n = 1,16$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{25,42}{(0,693)^{\frac{1}{1,16}}}$$

$$X_c = 35,30$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{35,30}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,6014 \times 100\%$$

$$R = 60,14 \%$$

$$\text{Lolos} = 39,86\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{35,30}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,3177 \times 100\%$$

$$R = 31,77 \%$$

$$\text{Lolos} = 68,23\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{35,30}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,1581 \times 100\%$$

$$R = 15,81 \%$$

$$\text{Lolos} = 84,19\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{35,30}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,0763 \times 100\%$$

$$R = 7,63 \%$$

$$\text{Lolos} = 92,37\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{35,30}\right)^{1,16}}$$

$$R = 0,0357 \times 100\%$$

$$R = 3,57 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,43\%$$

12. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 19 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 168,38

Berat bahan peledak perlubang (Qe) : 116 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.7 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,1

Kedalaman lubang ledak (H) : 11,1 m

Panjang kolom isian (PC) : 7,1 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
 - = 61,50 x 0,12
 - = 7,38
- Fragmentasi Hasil Peledakan
 - a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{168,38}{116} \right)^{0,8} x 116^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 26,39$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,1-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{7,1}{11,1} \right)$$

$$n = 1,20$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{26,39}{(0,693)^{\frac{1}{1,20}}}$$

$$Xc = 36,15$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,6135 \times 100\%$$

$$R = 61,35 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,65\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,3273 \times 100\%$$

$$R = 32,73 \%$$

$$\text{Lolos} = 67,27\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,1613 \times 100\%$$

$$R = 16,13 \%$$

$$\text{Lolos} = 83,87\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0756 \times 100\%$$

$$R = 7,56 \%$$

$$\text{Lolos} = 92,44\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{Xc}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{36,15}\right)^{1,20}}$$

$$R = 0,0340 \times 100\%$$

$$R = 3,40 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,60\%$$

13. Perhitungan Fragmentasi Metode Kuz-Ram 20 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 143,58

Berat bahan peledak perlubang (Qe) : 103 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.4 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,2

Kedalaman lubang ledak (H) : 10,3 m

Panjang kolom isian (PC) : 6,3 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{143,58}{103}\right)^{0,8} \times 103^{0,17} \times \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 25,07$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,4}{127}\right) x \left(1 - \frac{0}{3,4}\right) x \left[\left(1 + \frac{1,2-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{6,3}{10,3}\right)$$

$$n = 1,22$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_C = \frac{25,07}{(0,693)^{\frac{1}{1,22}}}$$

$$X_C = 33,87$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{33,87}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,5954 \times 100\%$$

$$R = 59,54 \%$$

$$\text{Lolos} = 40,46\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{33,87}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,2963 \times 100\%$$

$$R = 29,63 \%$$

$$\text{Lolos} = 70,37\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{33,87}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,1361 \times 100\%$$

$$R = 13,61 \%$$

$$\text{Lolos} = 86,39\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 80 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{33,87}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,0583 \times 100\%$$

$$R = 5,83 \%$$

$$\text{Lolos} = 94,17\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{33,87}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,0240 \times 100\%$$

$$R = 2,40 \%$$

$$\text{Lolos} = 97,60\%$$

14. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 21 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 153,03

Berat bahan peledak perlubang (Qe) : 113 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.6 m

Spacing (S) : 3,9 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,08

Kedalaman lubang ledak (H) : 11,1 m

Panjang kolom isian (PC) : 7,1 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{153,03}{113}\right)^{0,8} x 113^{0,17} x \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 24,89$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,6}{127}\right) x \left(1 - \frac{0}{3,6}\right) x \left[\left(1 + \frac{1,08-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{7,1}{11,1}\right)$$

$$n = 1,19$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{24,89}{(0,693)^{\frac{1}{1,19}}}$$

$$X_c = 34,09$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{34,09}\right)^{1,19}}$$

$$R = 0,5895 \times 100\%$$

$$R = 58,95 \%$$

$$\text{Lolos} = 41,05\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{34,09}\right)^{1,19}}$$

$$R = 0,3022 \times 100\%$$

$$R = 30,22 \%$$

$$\text{Lolos} = 69,78\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{34,09}\right)^{1,19}}$$

$$R = 0,1431 \times 100\%$$

$$R = 14,31 \%$$

$$\text{Lolos} = 85,69\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{34,09}\right)^{1,19}}$$

$$R = 0,0644 \times 100\%$$

$$R = 6,44 \%$$

$$\text{Lolos} = 93,56\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{34,09}\right)^{1,19}}$$

$$R = 0,0279 \times 100\%$$

$$R = 2,79 \%$$

$$\text{Lolos} = 97,21\%$$

15. Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram* 22 juni 2023

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (vo) : 172,93

Berat bahan peledak perlubang (Qe) : 116 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (De) : 127 mm

Burden (B) : 3.8 m

Spacing (S) : 4,1 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,07

Kedalaman lubang ledak (H) : 10,8 m

Panjang kolom isian (PC) : 6,8 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
= 61,50 x 0,12
= 7,38

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{172,93}{116}\right)^{0,8} \times 116^{0,17} \times \left(\frac{87}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 27,01$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left[1 + \frac{A-1}{2}\right] \times \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,8}{127}\right) \times \left(1 - \frac{0}{3,8}\right) \times \left[1 + \frac{1,07-1}{2}\right] \times \left(\frac{7,1}{11,1}\right)$$

$$n = 1,17$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_C = \frac{27,01}{(0,693)^{\frac{1}{1,17}}}$$

$$X_c = 37$$

- d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{37}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,6196 \times 100\%$$

$$R = 61,96 \%$$

$$\text{Lolos} = 38,04\%$$

- e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{37}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,3373 \times 100\%$$

$$R = 33,73 \%$$

$$\text{Lolos} = 66,27\%$$

- f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{37}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,1729 \times 100\%$$

$$R = 17,29 \%$$

$$\text{Lolos} = 82,71\%$$

- g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{37}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,0860 \times 100\%$$

$$R = 8,60 \%$$

$$\text{Lolos} = 91,40\%$$

- h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{37}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,0411 \times 100\%$$

$$R = 4,11 \%$$

$$\text{Lolos} = 95,89\%$$

16. Perhitungan Fragmentasi Rata-Rata

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_0) : 159,84
 Berat bahan peledak per lubang (Q_e) : 112 kg
 RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87
 Diameter (D_e) : 127 mm
 Burden (B) : 3.7 m
 Spacing (S) : 4 m
 Ratio spasi/burden (A) : 1,08
 Kedalaman lubang ledak (H) : 10,8 m
 Panjang kolom isian (PC) : 6,8 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = $BI \times 0,12$
 $= 61,50 \times 0,12$
 $= 7,38$

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{159,84}{112} \right)^{0,8} \times 112^{0,17} \times \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 25,86$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{D_e} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{3,7}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{3,7} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,08-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{6,8}{10,8} \right)$$

$$n = 1,17$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{25,86}{(0,693)^{\frac{1}{1,17}}}$$

$$X_c = 35,42$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 80 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c} \right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{35,42} \right)^{1,17}}$$

$$R = 0,0756 \times 100\%$$

$$R = 7,56 \%$$

$$\text{Lolos} = 92,44\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

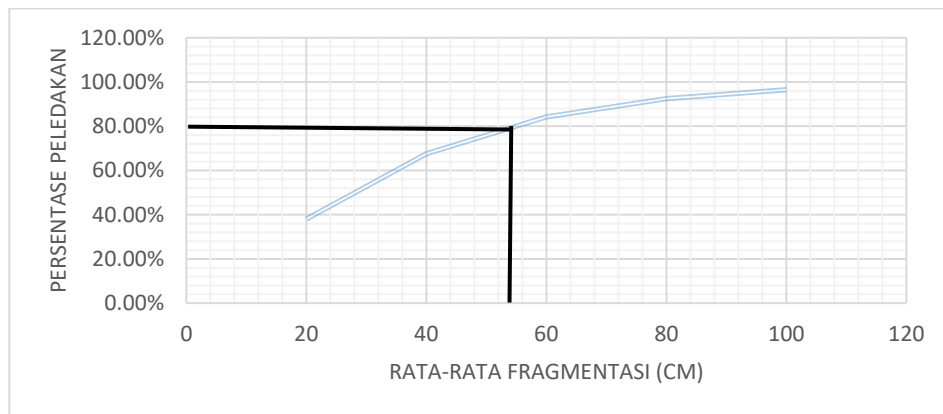
$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{35,42}\right)^{1,17}}$$

$$R = 0,0350 \times 100\%$$

$$R = 3,50 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,50\%$$

54 cm



Gambar 1. Prediksi Fragmentasi Aktual

**Lampiran 3. Perhitungan Geometri Rekomendasi Menurut R.L.Ash, C.J.
Konya, ICI Explosives dan Anderson**

1. Geometri Peledakan Berdasarkan Metode R.L.Ash

Diketahui :

- Specific Gravity Limestone = 2,65 ton/m³ = 165 lb/cuft
- Specific Gravity DABEX = 1,30 gr/cc
- VOD DABEX 5100 m/s = 16.728 ft/s
- VOD Handak Standar = 12.000 ft/s
- De = 5 inc (5")
- Specific Gravity Batuan Standar = 160 lb/cuft
- Specific Gravity Handak Standar = 1,20 gr/cc

1. Burden (B)

Kb _{Standar}	= 30
SG DABEX	= 1,30 gr/cc
SG _{Standar}	= 1,20 gr/cc
VOD _{DABEX}	= 16.728 ft/s
VOD _{Standar}	= 12.000 ft/s
Diameter (De)	= 5 inchi
Densitas _{Limestone}	= 165 lb/cuft
Densitas _{Standar}	= 160 lb/cuft
1m	= 3,28ft
Ks Normal	= 1,2-1,8 =(1,2)
Kt (Stemming ratio)	= 0,75-1,00 = (1)
Kj (Subdrilling ratio)	= 0,2-0,3 = (0,3)
Kh (Hole depth ratio)	= 1,5-4,0 = (2,5)

a. Faktor penyesuain terhadap batuan (AF₁)

$$AF1 = \left(\frac{SG \text{ batuan std}}{SG \text{ batuan}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$AF1 = \left(\frac{160 \text{ lbs/cuft}}{165 \text{ lbs/cuft}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$AF1 = 0,97^{\frac{1}{3}}$$

$$AF_1 = 0,99$$

b. Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak (AF₂)

$$AF2 = \left(\frac{SG \text{ DABEX} \times (Ve \text{ DABEX})^2}{SG \text{ std} \times (Ve \text{ std})^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$AF2 = \left(\frac{1,30 \times (16.728)^2}{1,20 \times (12.000)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$AF2 = 1,28$$

$$\begin{aligned}
Kb_{\text{koreksi}} &= Kb_{\text{standar}} \times AF1 \times AF2 \\
&= 30 \times 0,99 \times 1,28 \\
&= 38,016
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B &= \frac{Kb_{\text{terkoreksi}} \times De}{12} \\
&= \frac{38,016 \times 5}{12} \\
&= 15,48 \text{ ft} \\
&= 4,8 \text{ m}
\end{aligned}$$

2. Spacing (S)

Nilai spacing yang digunakan $K_s = 1,2$

$$\begin{aligned}
S &= B \times K_s \\
&= 4,8 \text{ m} \times 1,2 \\
&= 5,8 \text{ m}
\end{aligned}$$

3. Stemming (T)

Nilai stemming ratio yang digunakan $K_t = 1$

$$\begin{aligned}
T &= B \times K_t \\
&= 4,8 \text{ m} \times 1 \\
&= 4,8 \text{ m}
\end{aligned}$$

4. Subdrilling

Nilai subdrilling ratio yang digunakan $K_j = 0,3$

$$\begin{aligned}
J &= B \times K_j \\
&= 4,8 \text{ m} \times 0,3 \\
&= 1,4 \text{ m}
\end{aligned}$$

5. Kedalaman lubang ledak (H)

Nilai hole depth ratio yang digunakan $K_h = 2,5$

$$\begin{aligned}
H &= B \times K_h \\
&= 4,8 \text{ m} \times 2,5 \\
&= 12 \text{ m}
\end{aligned}$$

6. Ketinggian jenjang (H_{jenjang})

$$\begin{aligned}
H_{\text{jenjang}} &= H - J \\
&= 12 \text{ m} - 1,4 \text{ m} \\
&= 10,6 \text{ m}
\end{aligned}$$

7. Panjang kolom isian (PC)

$$\begin{aligned}
PC &= H - T \\
&= 12 \text{ m} - 4,8 \text{ m} \\
&= 7,2 \text{ m}
\end{aligned}$$

8. Pemakaian bahan peledak

$$\begin{aligned}
 de &= 0,25 \times 3,14 D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\
 &= 16,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dabex 73} &= De \times Pc \times n \\
 &= 16,46 \times 7,2 \text{ m} \times 1 \\
 &= 118 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

9. Batuan yang terbongkar perlubang ledak

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times H \times n \times p \\
 &= 4,8 \text{ m} \times 5,8 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 1 \times 2,65 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 885,31 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

10. Jumlah Powder Factor

$$\begin{aligned}
 &= 118 \text{ kg} / 885,31 \text{ ton} \\
 &= 0,13 \text{ kg/ton}
 \end{aligned}$$

2. Geometri Peledakan Berdasarkan Metode C.J.Konya

1. Burden (B)

$$\begin{aligned}
 B &= 3,15 \times De \times \left(\frac{SG \text{ DABEX}}{SG \text{ batuan}} \right)^{\frac{1}{3}} \\
 &= 3,15 \times 5 \times \left(\frac{1,30}{2,65} \right)^{\frac{1}{3}} \\
 &= 12,424 \text{ ft} \\
 &= 3,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Subdrilling (J)

$$\begin{aligned}
 J &= 0,3 \times B \\
 &= 1,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Kedalaman lubang ledak (H)

Berdasarkan pengamtan dilapangan, kedalamannya yaitu 10 m tanpa subdrilling

$$\begin{aligned}
 H &= L + J \\
 &= 10 \text{ m} + 1,1 \text{ m} \\
 &= 11,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Tinggi Jenjang (H_{jenjang})

Berdasarkan pengukuran dilapangan, tinggi jenjang sama dengan kedalaman lubang ledak yang dikarenakan tidak memakai subdrilling yaitu 10 meter

$$\begin{aligned}
 L &= H - J \\
 &= 11,1 - 1,1 \text{ m} \\
 &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Spacing (S)

$$\begin{aligned}
 S &= (H + 7B)/8 \\
 &= (11 + 26,6)/8 \\
 &= 4,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

6. Stemming (T)

$$\begin{aligned}
 T &= B \\
 &= 3,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

7. Panjang kolom isian (PC)

$$\begin{aligned}
 PC &= H - T \\
 &= 11,1 \text{ m} - 3,8 \text{ m} \\
 &= 7,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

8. Pemakaian bahan peledak

$$\begin{aligned}
 De &= 0,25 \times 3,14 D^2 \times SG \text{ bahan peledak} \times 1000 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times (0,127)^2 \times 1,3 \times 1000 \\
 &= 16,46 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$DABEX 73 = de \times PC$$

$$\begin{aligned}
 &= 16,46 \text{ kg/m} \times 7,3 \text{ m} \\
 &= 120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

9. Batuan yang terbongkar perlubang ledak

$$\begin{aligned}
 V &= B \times S \times H \times n \times p \\
 &= 3,8 \text{ m} \times 4,7 \text{ m} \times 11,1 \text{ m} \times 1 \times 2,65 \\
 &= 525,35 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

10. Jumlah powder factor

$$\begin{aligned}
 &= 120 \text{ kg} / 525,35 \text{ ton} \\
 &= 0,22 \text{ kg/ton}
 \end{aligned}$$

3. Geometri Peledakan Berdasarkan Metode ICI Explosive

1. Burden (B)

$$\begin{aligned}
 B &= 25D - 40D \\
 &= 33 \times 0,127 \\
 &= 4,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. Tinggi Jenjang (H_{Jenjang})

$$\begin{aligned}
 &= 60D - 140D \\
 &= 99 \times 0,127 \text{ m} \\
 &= 12,6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Spacing (S)

$$\begin{aligned}
 &= 1B - 1,5B \\
 &= 1,15 \times 4,2 \text{ m} \\
 &= 4,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Stemming (T)

$$\begin{aligned}
 &= 20D - 30D \\
 &= 30 \times 0,127 \text{ m} \\
 &= 3,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Subdrilling (J)	$= 8D - 12 D$ $= 10 \times 0,127 \text{ m}$ $= 1,3 \text{ m}$
Kedalaman Lubak ledak H)	$= H_{\text{Jenjang}} - J$ $= 12,6 \text{ m} - 1,3 \text{ m}$ $= 11,3 \text{ m}$
6. Panjang kolom isian (PC)	$= H - T$ $= 11,3 \text{ m} - 3,8 \text{ m}$ $= 7,5 \text{ m}$
7. Pemakain bahan peledak	$= De \times PC \times n$ $= 16,46 \times 7,5 \times 1$ $= 123 \text{ kg}$
8. Batuan yang terbongkar	$= B \times S \times H \times n \times p_{\text{Limestone}}$ $= 4,2 \times 4,8 \times 11,3 \times 1 \times 2,65$ $= 603,69 \text{ ton}$
9. Powder Factor (PF)	$= 123\text{kg}/603,69\text{ton}$ $= 0,20 \text{ kg/ton}$

4. Geometri Peledakan Berdasarkan Metode Anderson

Persamaan untuk menentukan burden menurut Anderson adalah : $B = \sqrt{dxh}$

Keterangan :

B = Burden (B)

d = diameter mata bor (m) = 5 inchi (12,7cm)

h = Kedalaman lubang bor (ft) = 12 m (39,37ft)

1. Burden (B)	$= \sqrt{5 \times 39,37}$ $= \sqrt{196,8}$ $= 14,03 \text{ ft}$ $= 4,3 \text{ m}$
2. Spacing (S)	$= 1,15 B$ $= 1,15 \text{ m} \times 4,3 \text{ m}$ $= 4,9 \text{ m}$
3. Stemming (T)	$= B$ $= 4,3 \text{ m}$
4. Subdrilling (J)	$= 0,3 B$ $= 0,3 (4,3 \text{ m})$ $= 1,3 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
5. \text{ Kedalaman lubang ledak (H)} &= Kh \times B \\
&= 2,5 \times 4,3 \\
&= 10,7 \\
6. \text{ Tinggi Jenjang (L)} &= H - J \\
&= 10,7 - 1,3 \\
&= 9,4 \text{ m} \\
7. \text{ Panjang kolom isian (PC)} &= L - T \\
&= 10,7 - 4,3 \\
&= 6,4 \text{ m} \\
8. \text{ Dabex 73} &= De \times PC \\
&= 16,46 \times 6,4 \\
&= 105 \text{ kg} \\
9. \text{ Pemakain handak (Qe)} &= De \times PC \times n \\
&= 16,46 \times 6,4 \times 1 \\
&= 105 \text{ kg} \\
10. \text{ Batuan yang terbongkar} &= B \times S \times H \times p \times n \\
&= 4,3 \times 4,9 \times 10,7 \times 2,65 \times 1 \\
&= 597,43 \\
11. \text{ Powder Factor (PF)} &= 105\text{kg}/597,43\text{ton} \\
&= 0,17 \text{ kg/ton}
\end{aligned}$$

**Lampiran 4. Prediksi ukuran fragmentasi batuan menggunakan geometri
peledakan menurut perhitungan teori R.L Ash, C.j. Konya, ICI
Explosives, dan Anderson**

1. Prediksi Fragmentasi Menurut Metode R.L. Ash

Diketahui :

Volume batuan yang terbongkar (vo)	: 334,08
Berat bahan peledak perlubang (Qe)	: 118 kg
RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
Diameter (De)	: 127 mm
Burden (B)	: 4,8 m
Spacing (S)	: 5,8 m
Ratio spasi/burden (A)	: 1,20
Kedalaman lubang ledak (H)	: 12 m
Panjang kolom isian (PC)	: 7,2 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = BI x 0,12
 - = 61,50 x 0,12
 - = 7,38
- Fragmentasi Hasil Peledakan
 - a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{334,08}{118} \right)^{0,8} x 118^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 45,31$$

- b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{4,8}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{4,8} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,20-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{7,2}{12} \right)$$

$$n = 1,1$$

- c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$Xc = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$Xc = \frac{45,31}{(0,693)^{\frac{1}{1,10}}}$$

$$Xc = 63,81$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{63,81}\right)^{1,10}}$$

$$R = 0,7640 \times 100\%$$

$$R = 76,40 \%$$

$$\text{Lolos} = 23,60\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{63,81}\right)^{1,10}}$$

$$R = 0,5553 \times 100\%$$

$$R = 55,53\%$$

$$\text{Lolos} = 44,47\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{63,81}\right)^{1,10}}$$

$$R = 0,3956 \times 100\%$$

$$R = 39,56\%$$

$$\text{Lolos} = 63,44\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{63,81}\right)^{1,10}}$$

$$R = 0,2791 \times 100\%$$

$$R = 27,91 \%$$

$$\text{Lolos} = 72,09\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

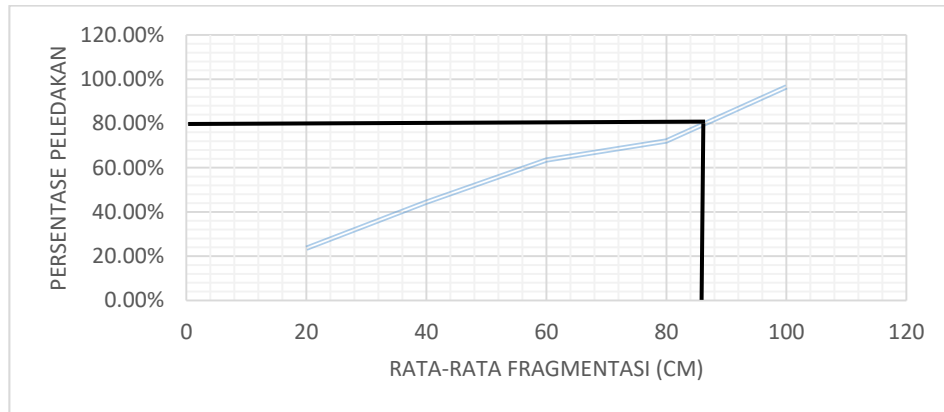
$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{63,81}\right)^{1,10}}$$

$$R = 0,1969 \times 100\%$$

$$R = 19,69\%$$

$$\text{Lolos} = 80,31\%$$



Gambar 2. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode *R.L.Ash*

2. Prediksi Fragmentasi Menurut Metode C.J. Konya

Diketahui :	Volume batuan yang terbongkar (v_o)	: 198,24
	Berat bahan peledak perlubang (Q_e)	: 120 kg
	RWS bahan peledakn <i>Dabex</i> (E)	: 87
	Diameter (D_e)	: 127 mm
	Burden (B)	: 3,8 m
	Spacing (S)	: 4,7 m
	Ratio spasi/burden (A)	: 1,23
	Kedalaman lubang ledak (H)	: 11,1 m
	Panjang kolom isian (PC)	: 7,3 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61.50
- Faktor Batuan (A) = $BI \times 0,12$
 $= 61,50 \times 0,12$
 $= 7,38$

- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{198,24}{120} \right)^{0,8} \times 120^{0,17} \times \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 29,56$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14 \times \frac{B}{D_e} \right) \times \left(1 - \frac{W}{B} \right) \times \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] \times \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14 \times \frac{3,8}{127} \right) \times \left(1 - \frac{0}{3,8} \right) \times \left[\left(1 + \frac{1,23-1}{2} \right) \right] \times \left(\frac{7,3}{11,1} \right)$$

$$n = 1,29$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_c = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_c = \frac{29,56}{(0,693)^{\frac{1}{1,29}}}$$

$$X_c = 39,41\%$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 20\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{39,41}\right)^{1,29}}$$

$$R = 0,6644 \times 100\%$$

$$R = 66,44 \%$$

$$\text{Lolos} = 33,56\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 40\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{39,41}\right)^{1,29}}$$

$$R = 0,2763 \times 100\%$$

$$R = 27,63 \%$$

$$\text{Lolos} = 72,37\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 60\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{39,41}\right)^{1,29}}$$

$$R = 0,1818 \times 100\%$$

$$R = 18,18 \%$$

$$\text{Lolos} = 81,82\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{39,41}\right)^{1,29}}$$

$$R = 0,0835 \times 100\%$$

$$R = 8,35 \%$$

$$\text{Lolos} = 91,65\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

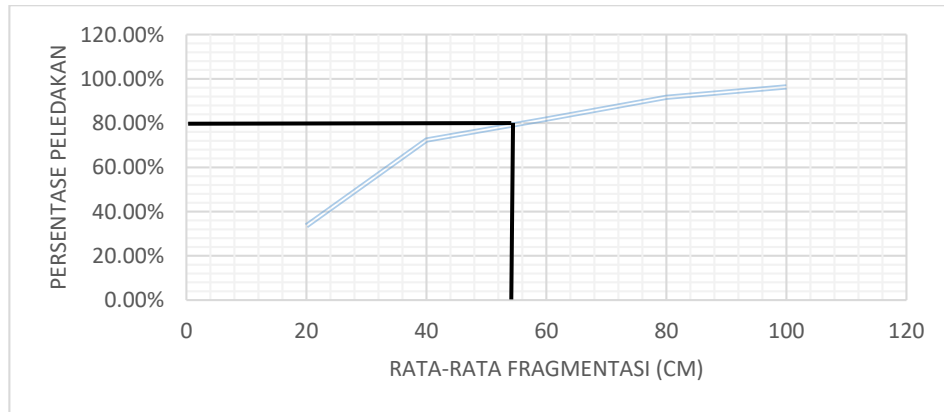
$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{39,41}\right)^{1,29}}$$

$$R = 0,0365 \times 100\%$$

$$R = 3,65 \%$$

$$\text{Lolos} = 96,35\%$$



Gambar 3. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode *C.J.Konya*

3. Prediksi Fragmentasi Menurut Metode ICI Explosives

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_o) : 227,80

Berat bahan peledak perlubang (Q_e) : 123 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (D_e) : 127 mm

Burden (B) : 4,2 m

Spacing (S) : 4,8 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,14

Kedalaman lubang ledak (H) : 11,3 m

Panjang kolom isian (PC) : 7,5 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = $BI \times 0,12$

$$= 61,50 \times 0,12$$

$$= 7,38$$
- Fragmentasi Hasil Peledakan
 - a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{227,80}{123} \right)^{0,8} \times 123^{0,17} \times \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 32,46$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De}\right) x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2}\right)\right] x \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{4,2}{127}\right) x \left(1 - \frac{0}{4,2}\right) x \left[\left(1 + \frac{1,14 - 1}{2}\right)\right] x \left(\frac{7,5}{11,3}\right)$$

$$n = 1,22$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_C = \frac{32,46}{(0,693)^{\frac{1}{1,22}}}$$

$$X_C = 43,86$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{43,86}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,6846 \times 100\%$$

$$R = 68,46 \%$$

$$\text{Lolos} = 31,54\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{43,86}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,4117 \times 100\%$$

$$R = 41,17 \%$$

$$\text{Lolos} = 58,83\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{43,86}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,2332 \times 100\%$$

$$R = 23,32 \%$$

$$\text{Lolos} = 76,68\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 80 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{43,86}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,1257 \times 100\%$$

$$R = 12,57 \%$$

$$\text{Lolos} = 87,43\%$$

h. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

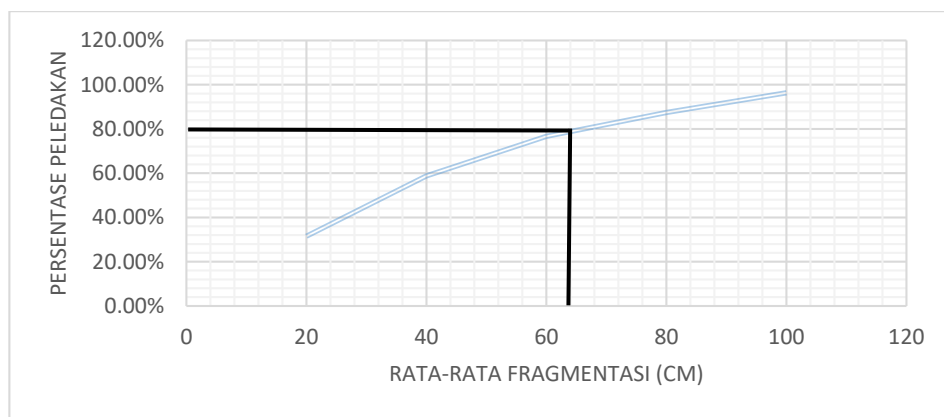
$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{43,86}\right)^{1,22}}$$

$$R = 0,0657 \times 100\%$$

$$R = 6,57 \%$$

$$\text{Lolos} = 93,43\%$$



Gambar 4. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode *ICI Explosives*

4. Prediksi Fragmentasi Menurut Metode Anderson

Diketahui : Volume batuan yang terbongkar (v_o) : 225,44

Berat bahan peledak perlubang (Q_e) : 105 kg

RWS bahan peledakn *Dabex* (E) : 87

Diameter (D_e) : 127 mm

Burden (B) : 4,3 m

Spacing (S) : 4,9 m

Ratio spasi/burden (A) : 1,13

Kedalaman lubang ledak (H) : 10,7 m

Panjang kolom isian (PC) : 6,4 m

- Faktor Batuan (A)
- Blastability index (BI) = 61,50
- Faktor Batuan (A) = $BI \times 0,12$
 $= 61,50 \times 0,12$
 $= 7,38$
- Fragmentasi Hasil Peledakan

a. Rata-rata ukuran fragmentasi adalah

$$X = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0,8} x Q^{0,17} x \left(\frac{E}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 7,38 \left(\frac{225,44}{105} \right)^{0,8} x 105^{0,17} x \left(\frac{87}{115} \right)^{-0,63}$$

$$X = 35,63$$

b. Indeks Keseragaman

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{B}{De} \right) x \left(1 - \frac{W}{B} \right) x \left[\left(1 + \frac{A-1}{2} \right) \right] x \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$n = \left(2,2 - 14x \frac{4,3}{127} \right) x \left(1 - \frac{0}{4,3} \right) x \left[\left(1 + \frac{1,13 - 1}{2} \right) \right] x \left(\frac{6,4}{10,7} \right)$$

$$n = 1,09$$

c. Nilai Karakteristik Ukuran

$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{\frac{1}{n}}}$$

$$X_C = \frac{35,63}{(0,693)^{\frac{1}{1,09}}}$$

$$X_C = 49,90$$

d. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 20 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{20}{49,90}\right)^{1,09}}$$

$$R = 0,6984 \times 100\%$$

$$R = 69,84 \%$$

$$\text{Lolos} = 30,16\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 40 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{40}{49,90}\right)^{1,09}}$$

$$R = 0,4694 \times 100\%$$

$$R = 45,94 \%$$

$$\text{Lolos} = 54,06\%$$

f. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan ≥ 60 cm

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_C}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{60}{49,90}\right)^{1,09}}$$

$$R = 0,2963 \times 100\%$$

$$R = 29,63 \%$$

$$\text{Lolos} = 70,73\%$$

g. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 80\text{cm}$

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{80}{49,90}\right)^{1,09}}$$

$$R = 0,1887 \times 100\%$$

$$R = 18,87 \%$$

$$\text{Lolos} = 81,13\%$$

e. Persentase ukuran fragmentasi hasil peledakan $\geq 100\text{cm}$

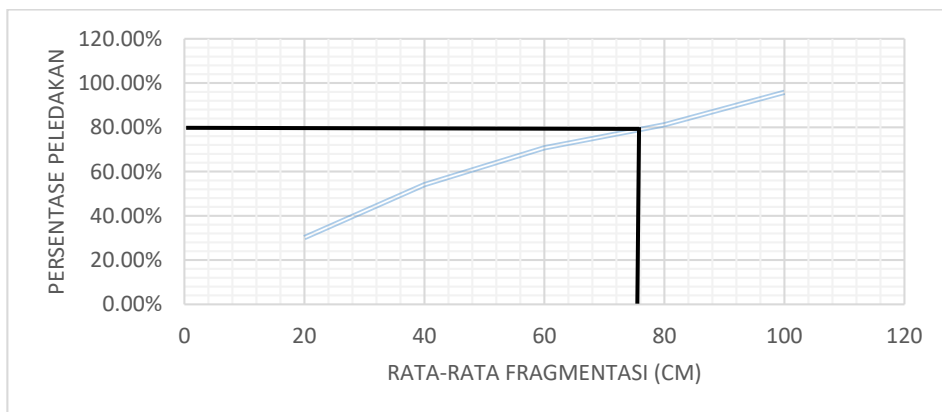
$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R = 2,71^{-\left(\frac{100}{49,90}\right)^{1,09}}$$

$$R = 0,1196 \times 100\%$$

$$R = 11,96\%$$

$$\text{Lolos} = 88,04\%$$



Gambar 5. Prediksi Fragmentasi Menggunakan Metode Anderson

Lampiran 5. Biaya Bahan Peledak

Amonium Nitrate = Rp. 11.000/kg

Fuel Oil = Rp. 6,800/liter

Emulsion = Rp. 14.000/kg

1. Biaya bahan peledak pada peledakan aktual

Jumlah lubang = 70

Total kedalaman = 756 m

Dabex 73 = 7.840 kg

Amonium Nitrate 30% = 2.352 kg x Rp. 11.000 = Rp. 25.872.000
= Rp. 369.600 perlubang

Fuel Oil = 94 liter x Rp. 6.800 = 639.800

Emulsion 70% = 5.488 kg x Rp. 14.000 = Rp. 76.832.000
= Rp. 1.097.600 perlubang

Dabex 73 = Rp. 103.343.800
= Rp. 1.476.300 perlubang

2. Biaya bahan peledak pada peledakan R.L.Ash

Jumlah lubang = 70

Total kedalaman = 840 m

Dabex 73 = 8.260 kg

Amonium Nitrate 30% = 2478 kg x Rp. 11.000 = Rp. 27.258.000
= Rp. 389.400 perlubang

Fuel Oil = 99 liter x Rp. 6.800 = 673.200

Emulsion 70% = 5782 kg x Rp. 14.000 = Rp. 80.948.000
= Rp. 1.156.402 perlubang

Dabex 73 = Rp. 108.879.200
= Rp. 1.555.400 perlubang

3. Biaya bahan peledak pada peledakan C.J.Konya

Jumlah lubang = 70

Total kedalaman = 777 m

Dabex 73 = 8.400 kg

Amonium Nitrate 30% = 2520 kg x Rp. 11.000 = Rp. 27.720.000
= Rp. 396.000 perlubang

Fuel Oil = 100 liter x Rp. 6.800 = 680.000

Emulsion 70% = 5880 kg x Rp. 14.000 = Rp. 82.320.000
= Rp. 1.176.000 perlubang

Dabex 73 = Rp. 110.720.000
= Rp. 1.581.700 perlubang

4. Biaya bahan peledak pada peledakan ICI Explosives

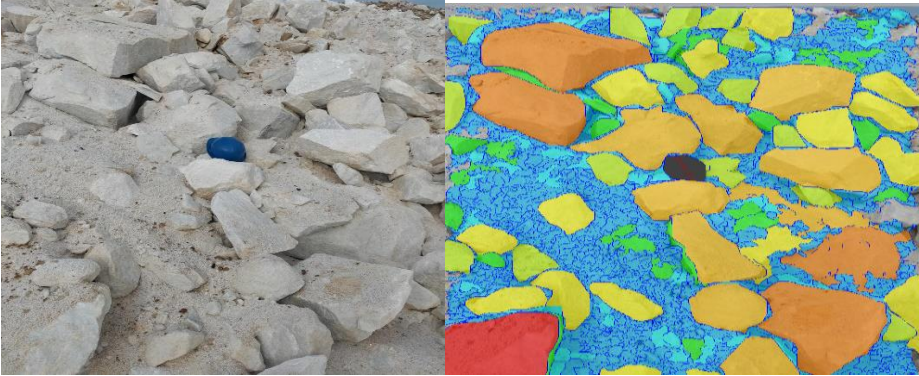
Jumlah lubang = 70
Total kedalaman = 791 m
Dabex 73 = 8.610 kg
Amonium Nitrate 30% = 2.583 kg x Rp. 11.000 = Rp. 28.413.000
= Rp. 405.900 perlubang
Fuel Oil = 103 liter x Rp. 6.800 = 700.400
Emulsion 70% = 6.027 kg x Rp. 14.000 = Rp. 84.378.000
= Rp. 1.205.400 perlubang
Dabex 73 = Rp. 113.491.400
= Rp. 1.621.300 perlubang

5. Biaya bahan peledak pada peledakan Anderson

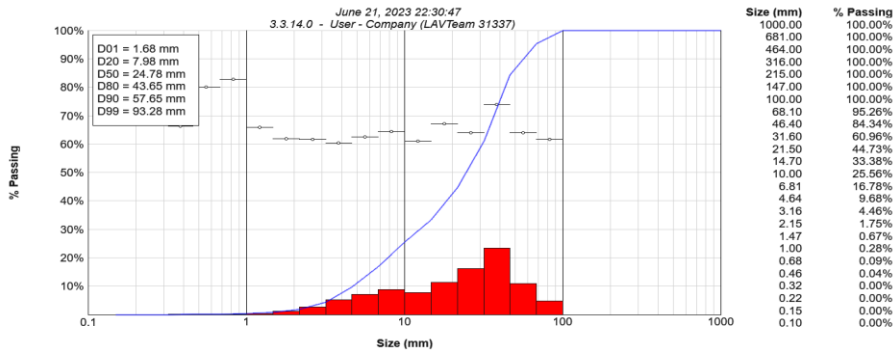
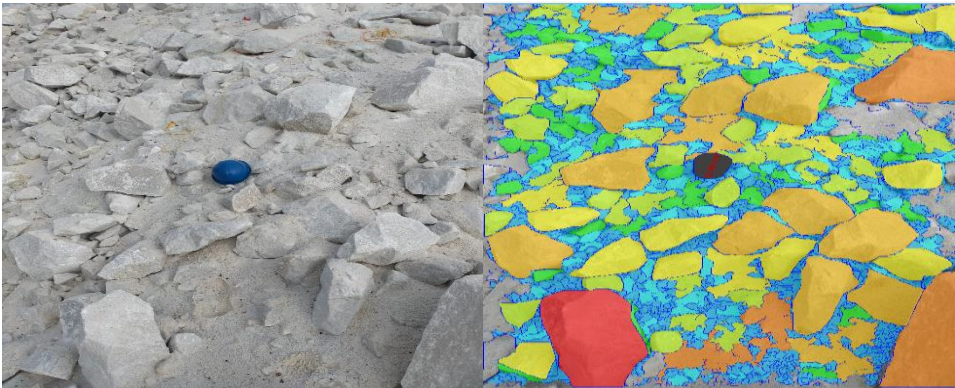
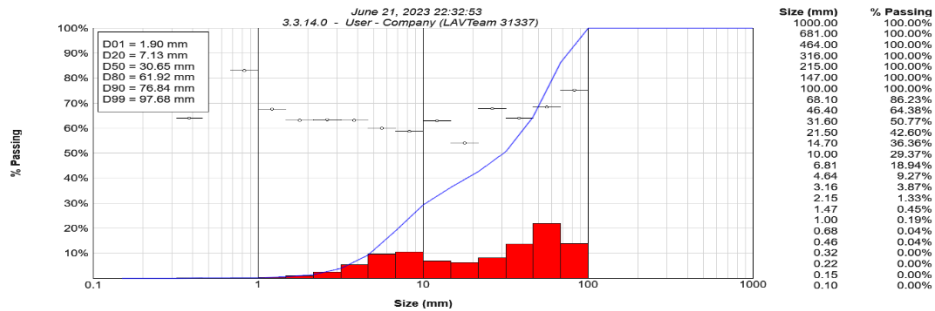
Jumlah lubang = 70
Total kedalaman = 749 m
Dabex 73 = 7.350 kg
Amonium Nitrate 30% = 2.205 kg x Rp. 11.000 = Rp. 24.255.000
= Rp. 346.500 perlubang
Fuel Oil = 88 liter x Rp. 6.800 = 598.400
Emulsion 70% = 5.145 kg x Rp. 14.000 = Rp. 72.030.000
= Rp. 1.029.000 perlubang
Dabex 73 = Rp. 96.883.400
= Rp. 1.384.000 perlubang

Lampiran 6. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Menggunakan Software Wipfrag 3.3

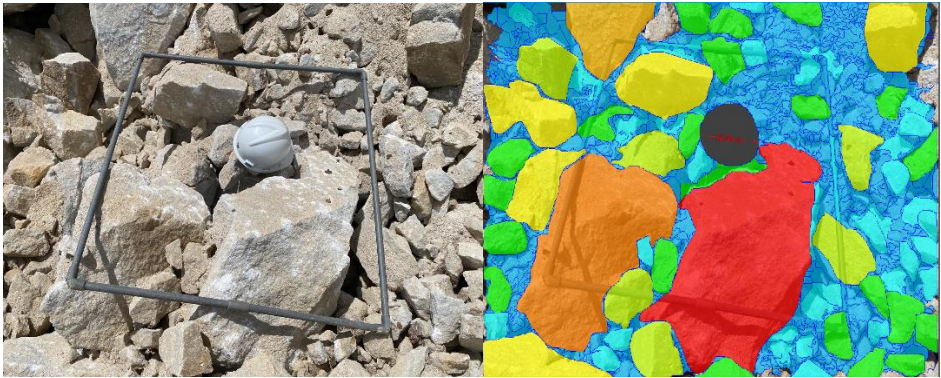
1. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 22 mei 2023



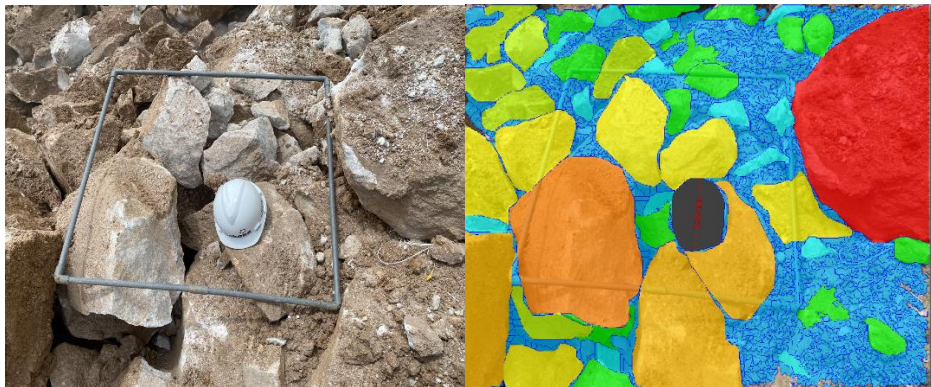
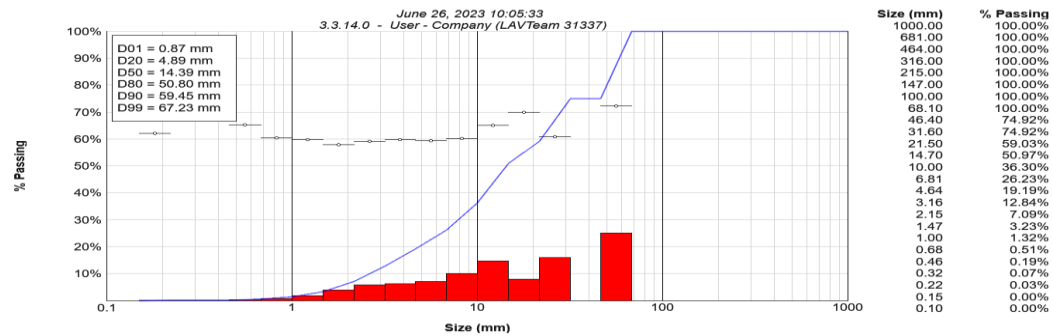
WhatsApp Image 2023-06-08 at 08.27.55



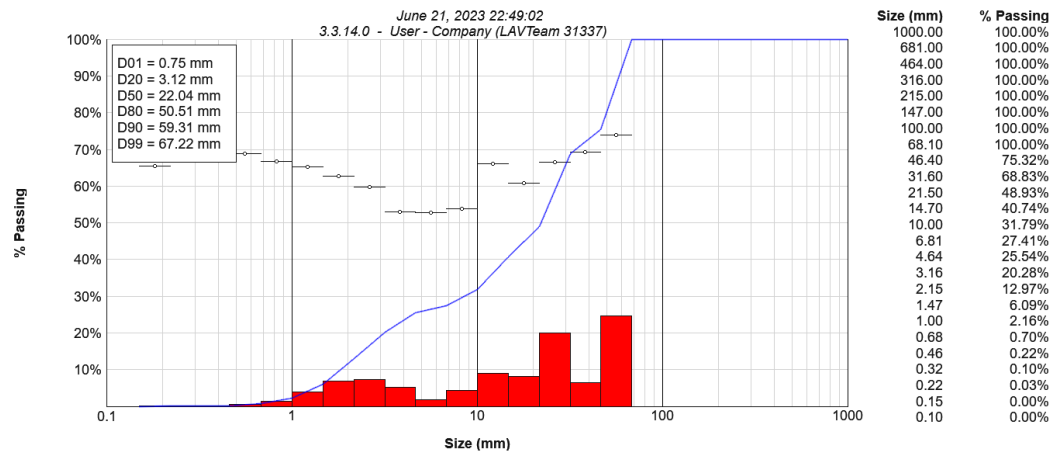
2. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 25 mei 2023



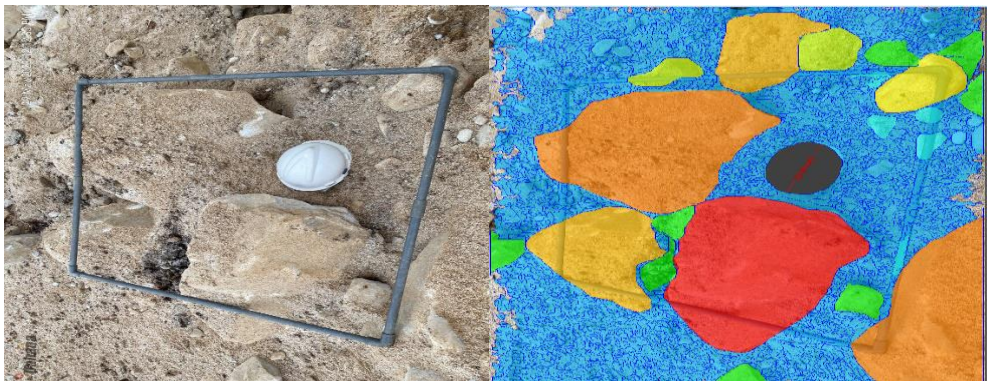
WhatsApp Image 2023-06-21 at 22.01.40



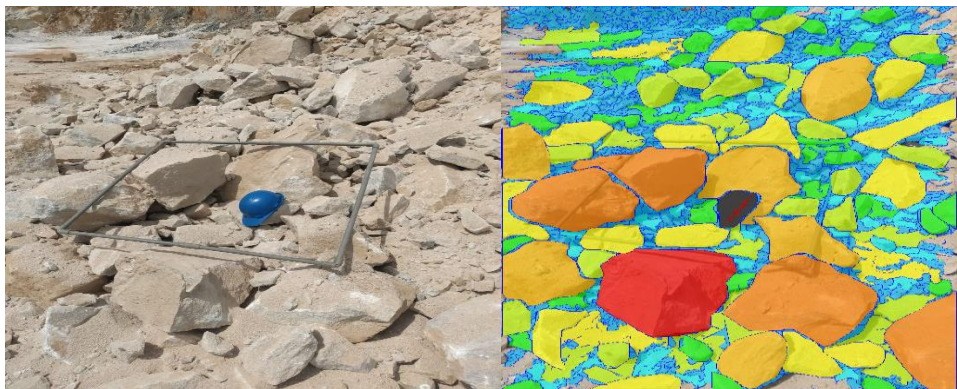
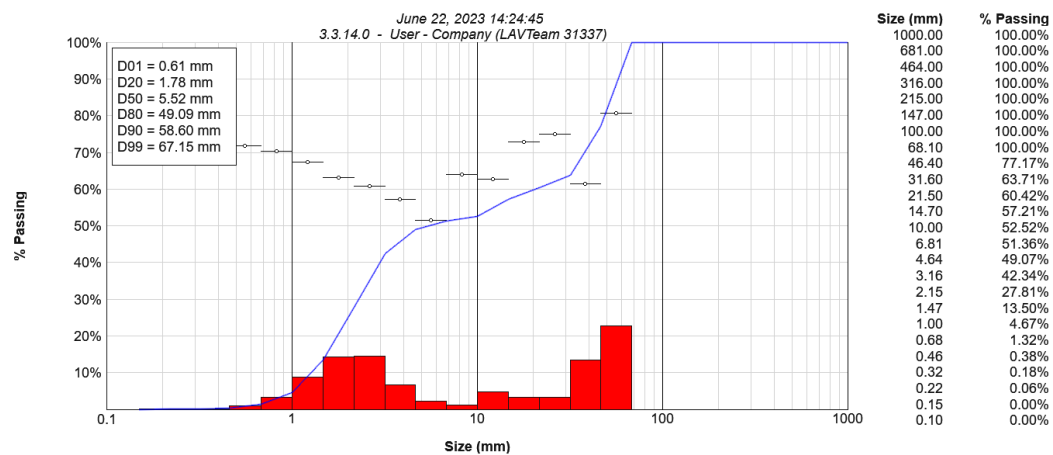
WhatsApp Image 2023-06-21 at 22.36.22



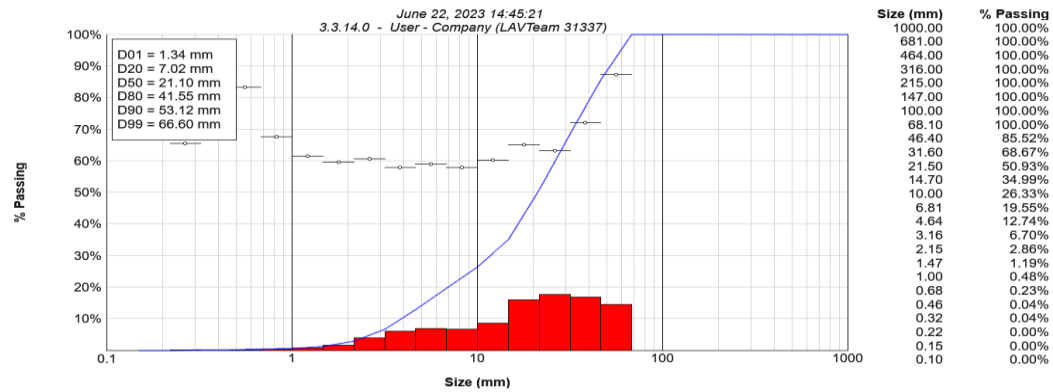
3. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 26 mei 2023



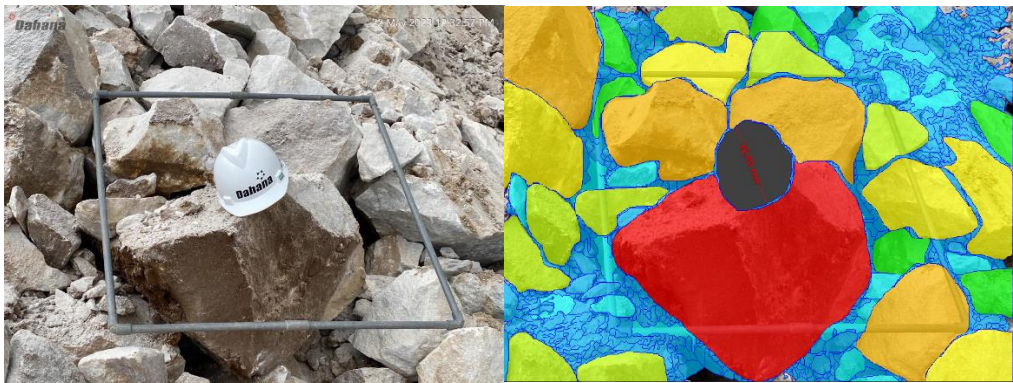
WhatsApp Image 2023-06-22 at 14.09.02



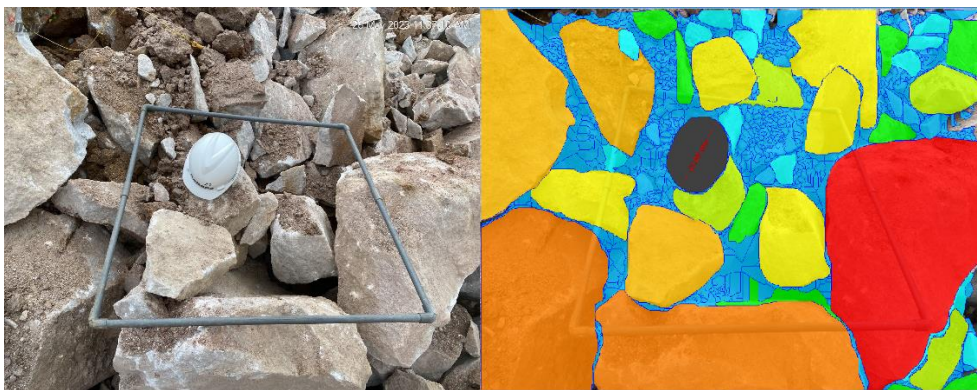
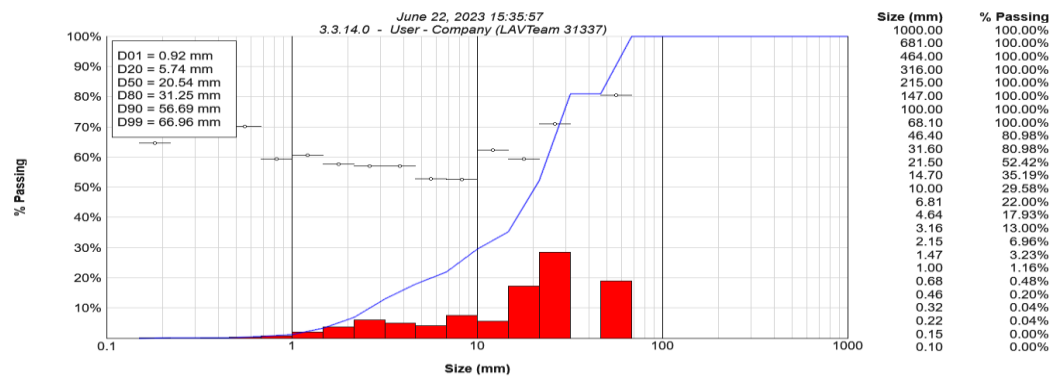
WhatsApp Image 2023-06-21 at 09.33.32 (1)



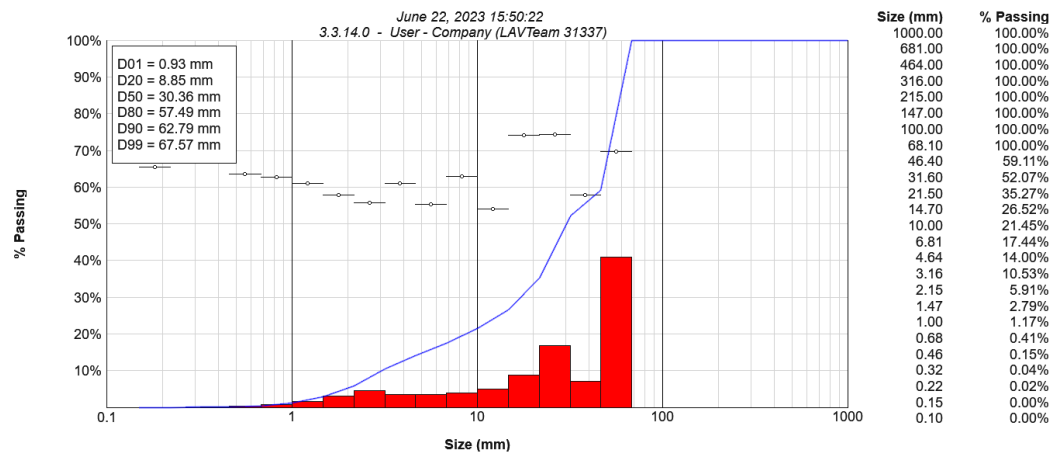
4. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 27 mei 2023



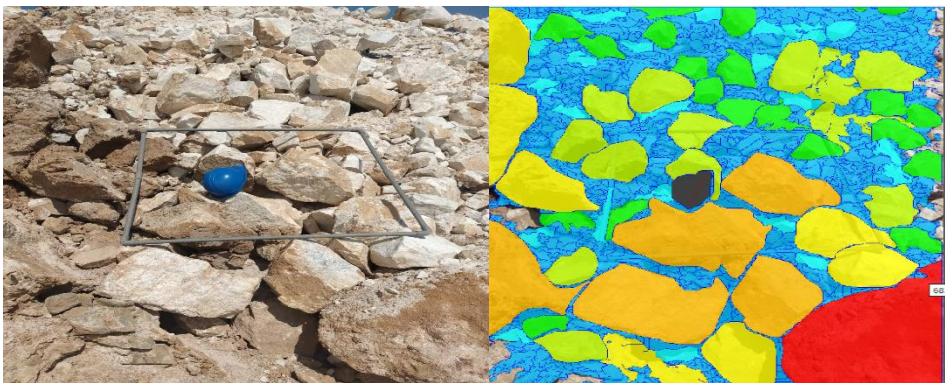
WhatsApp Image 2023-06-22 at 15.15.56



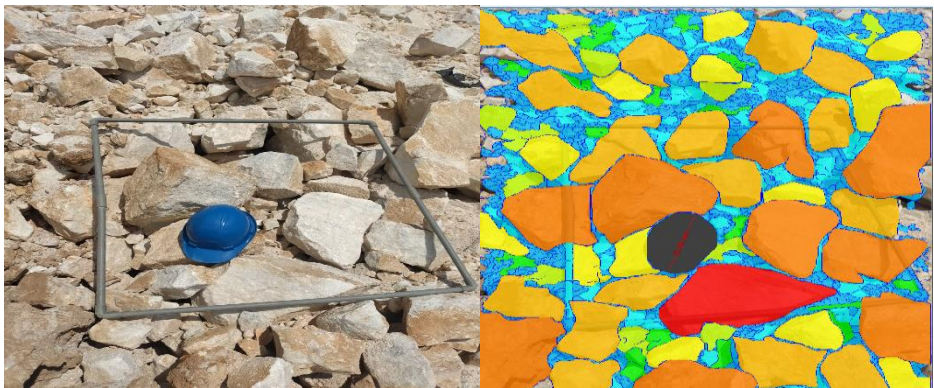
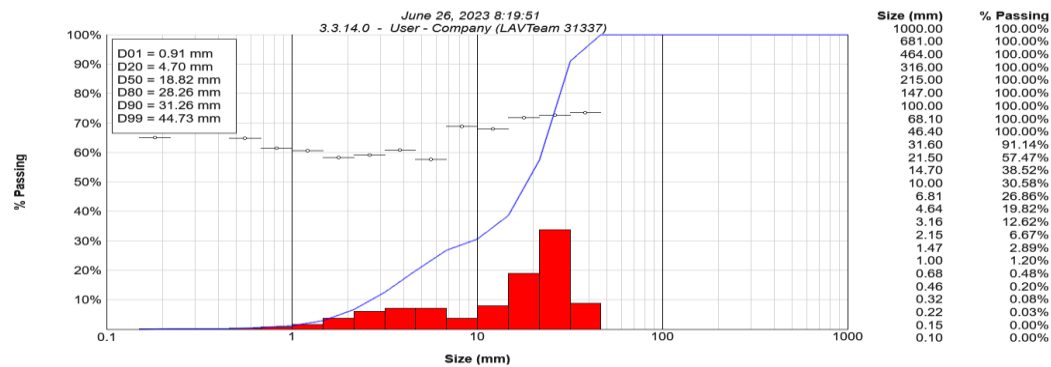
WhatsApp Image 2023-06-22 at 15.16.14



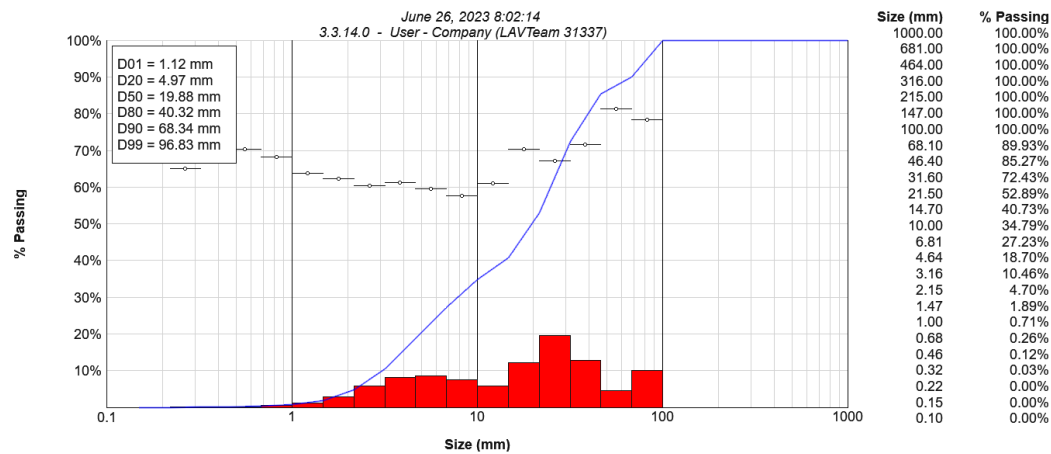
5. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 29 mei 2023



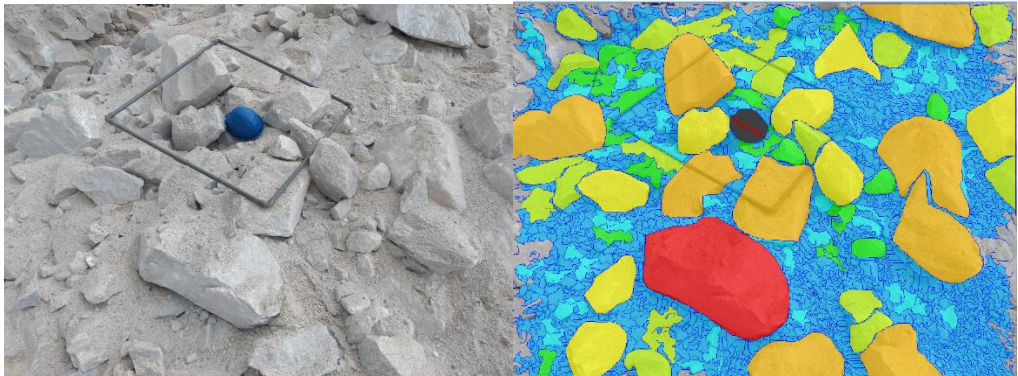
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.39.05



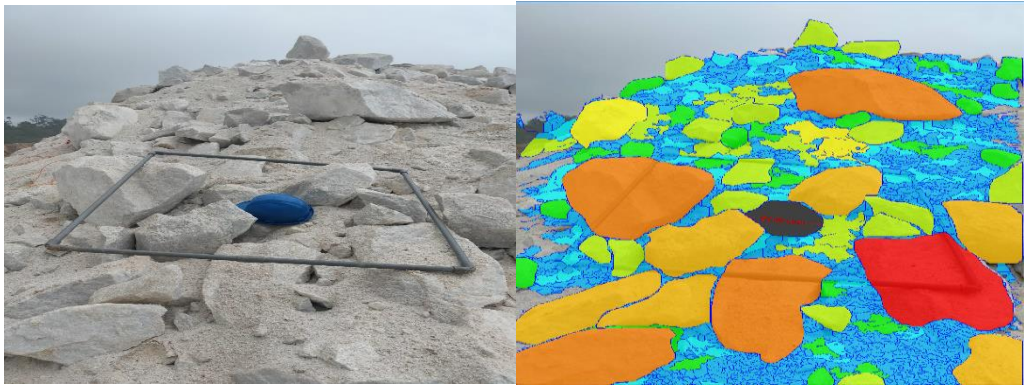
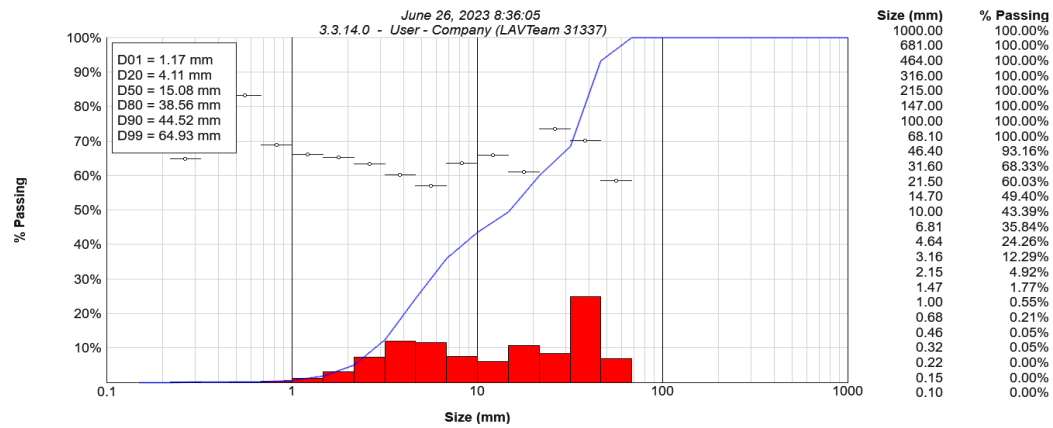
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.39.05 (1)



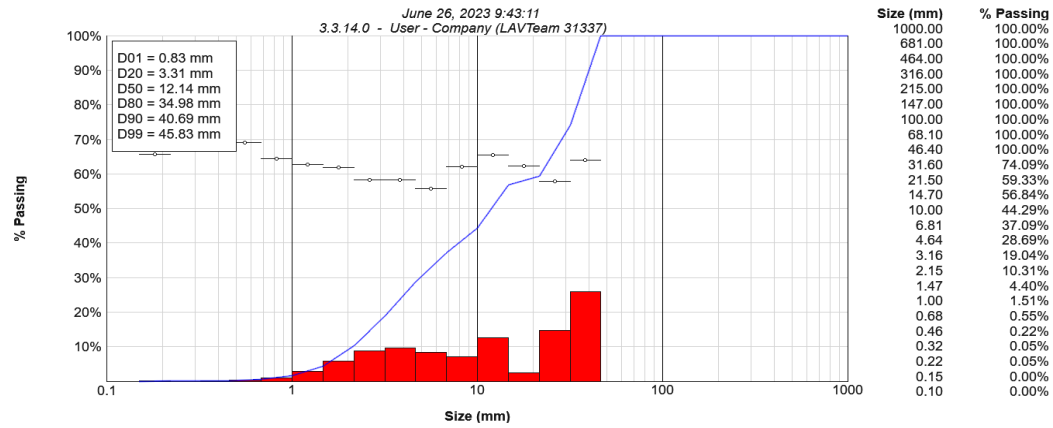
6. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 6 juni 2023



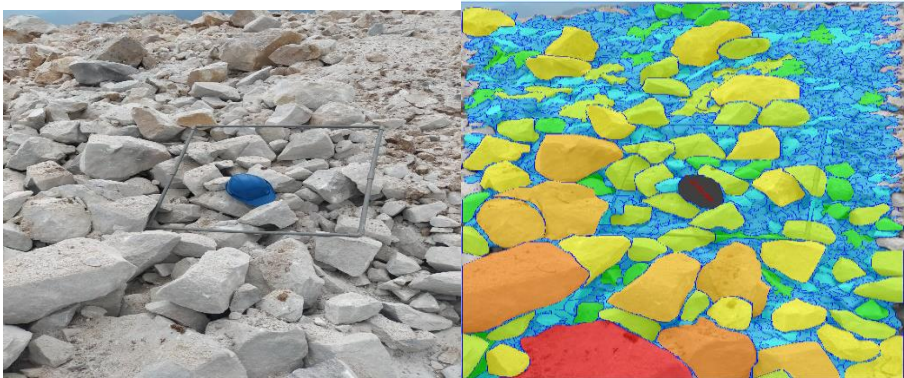
WhatsApp Image 2023-06-06 at 13.19.27



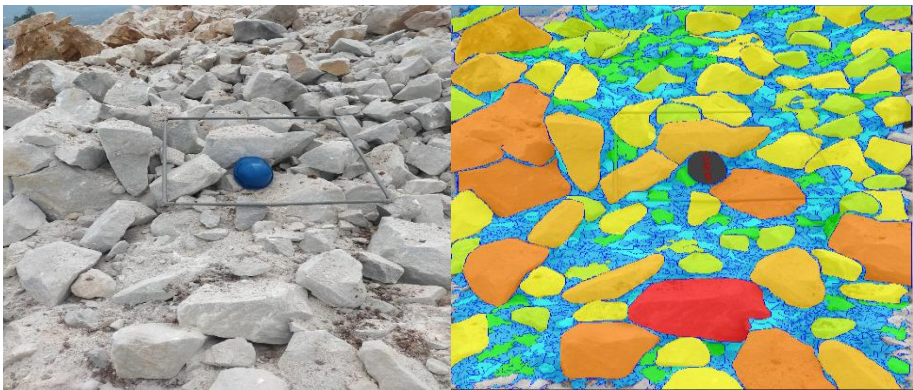
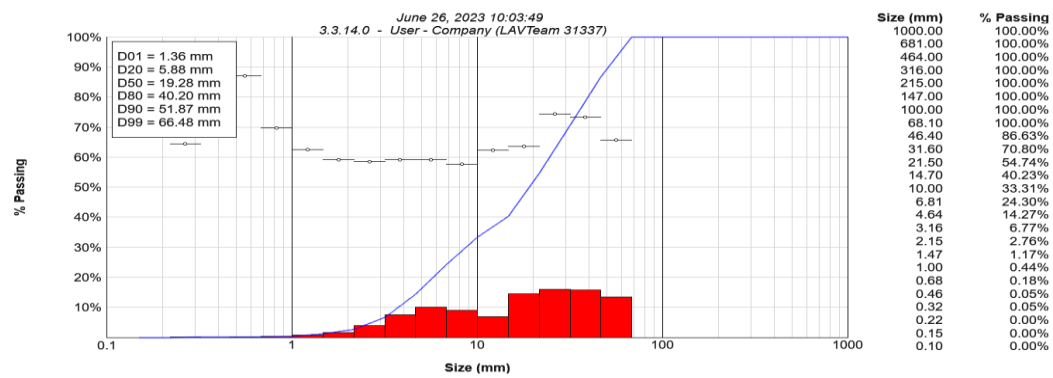
WhatsApp Image 2023-06-06 at 20.11.48



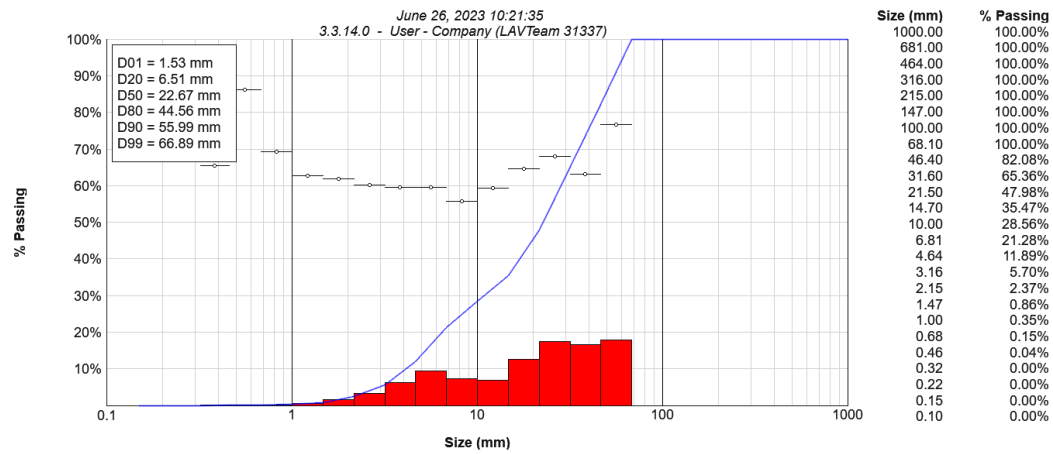
7. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 8 juni 2023



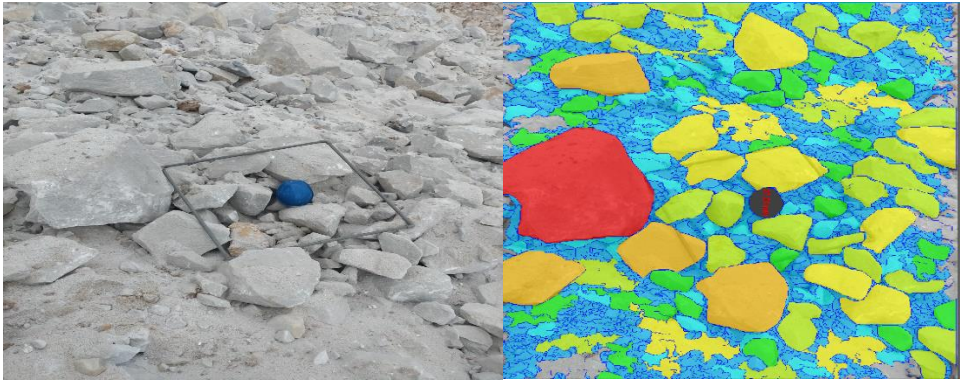
WhatsApp Image 2023-06-08 at 14.06.19



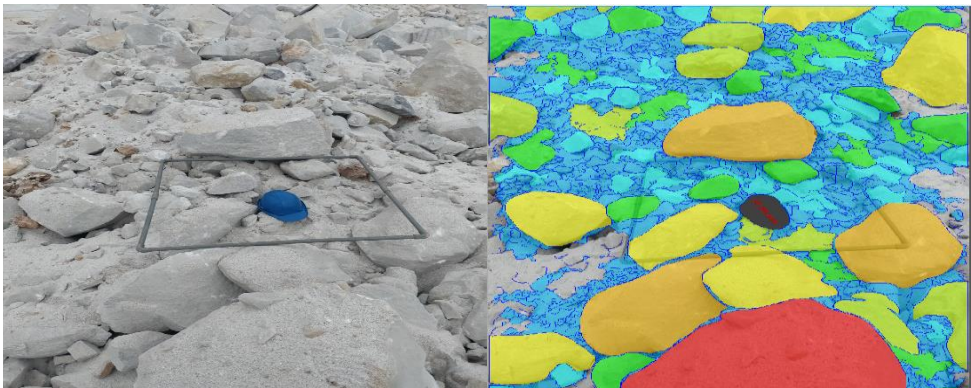
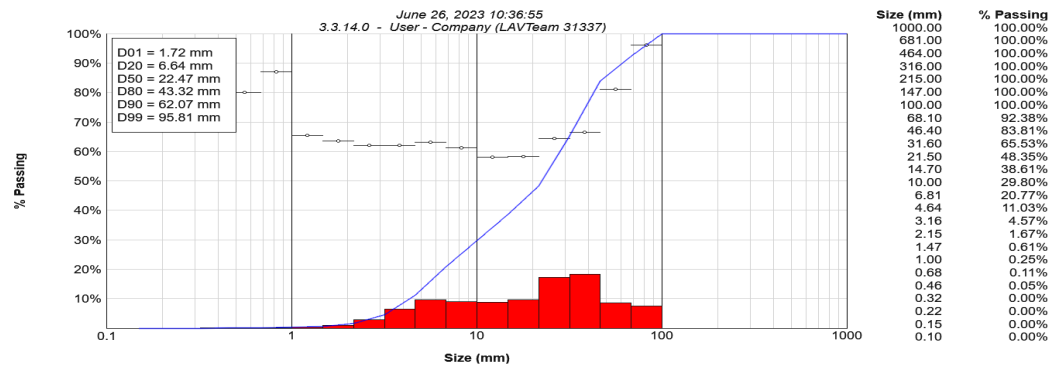
WhatsApp Image 2023-06-08 at 14.06.08



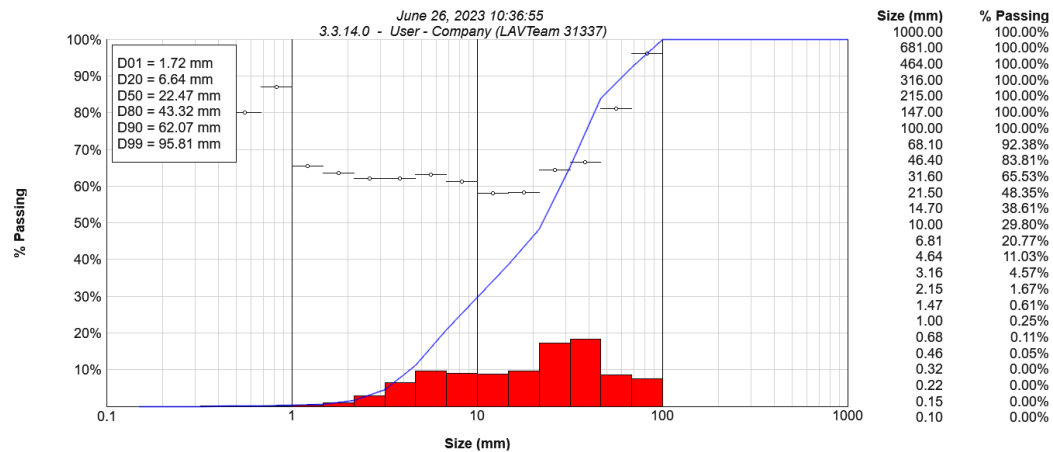
8. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 9 juni 2023



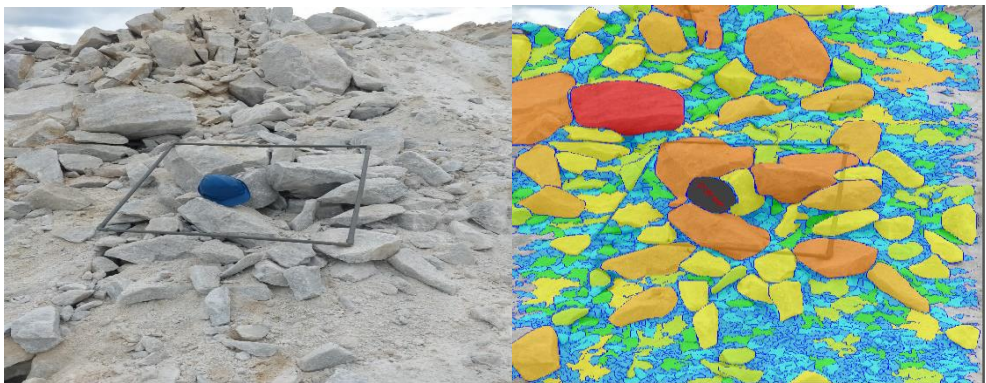
WhatsApp Image 2023-06-09 at 16.08.08 (1)



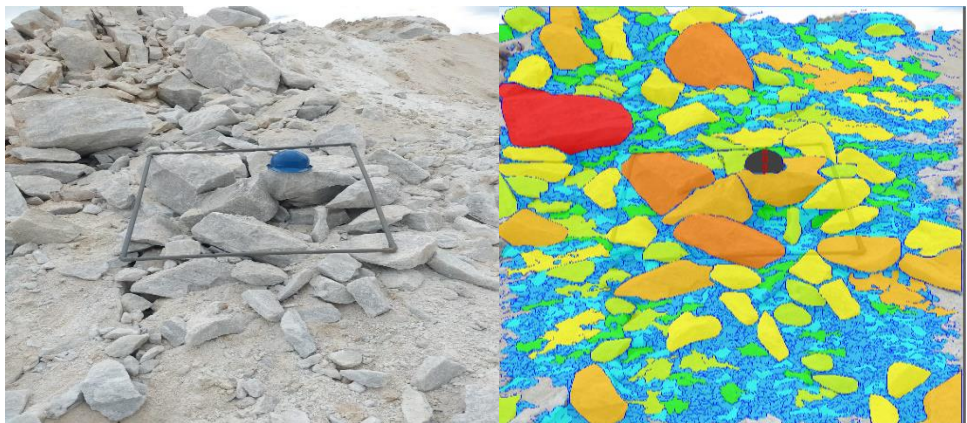
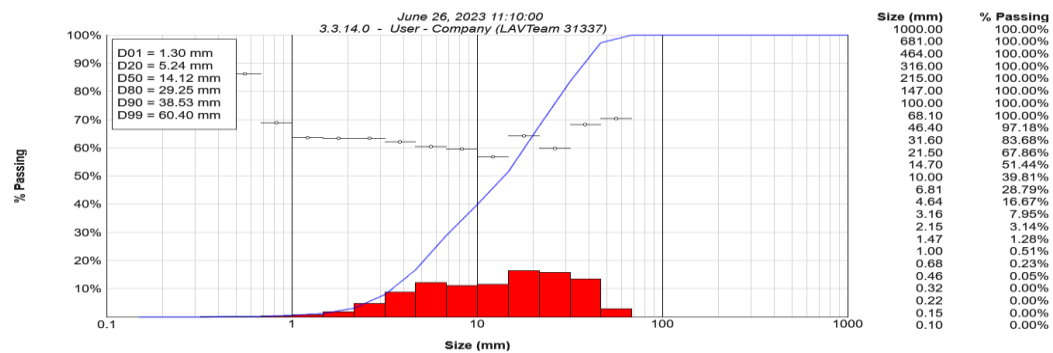
WhatsApp Image 2023-06-09 at 16.08.08 (1)



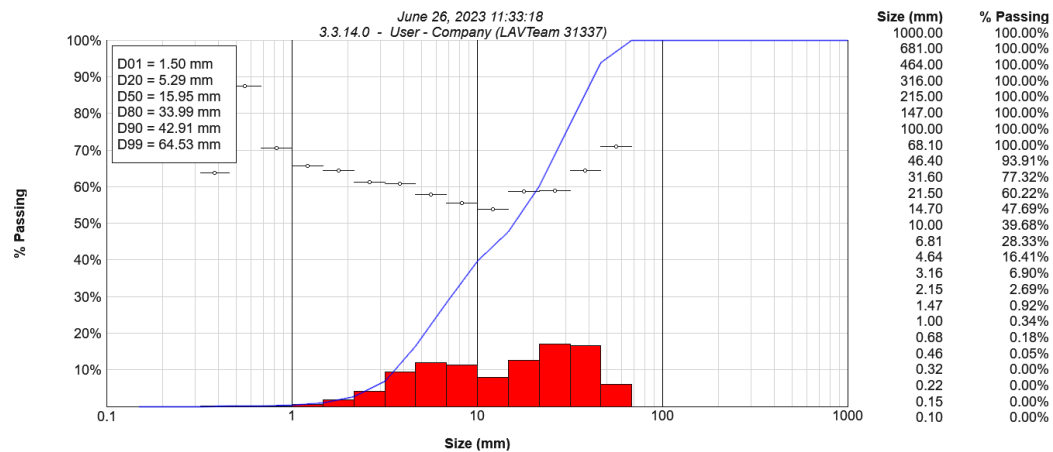
9. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 12 juni 2023



WhatsApp Image 2023-06-12 at 22.06.10



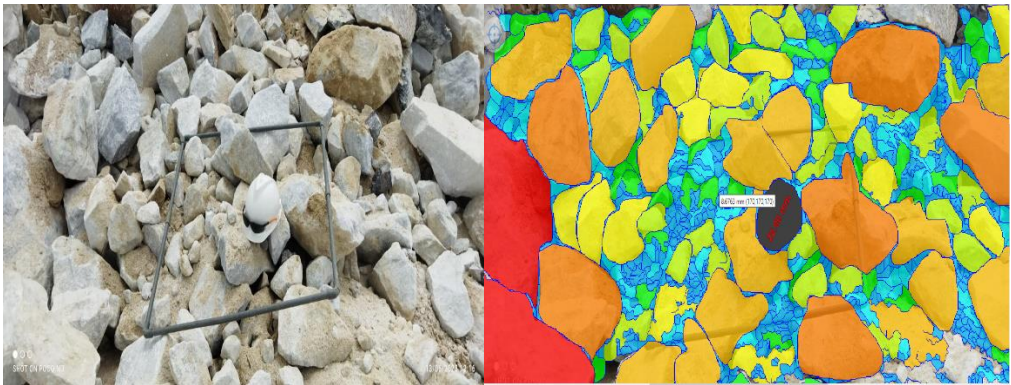
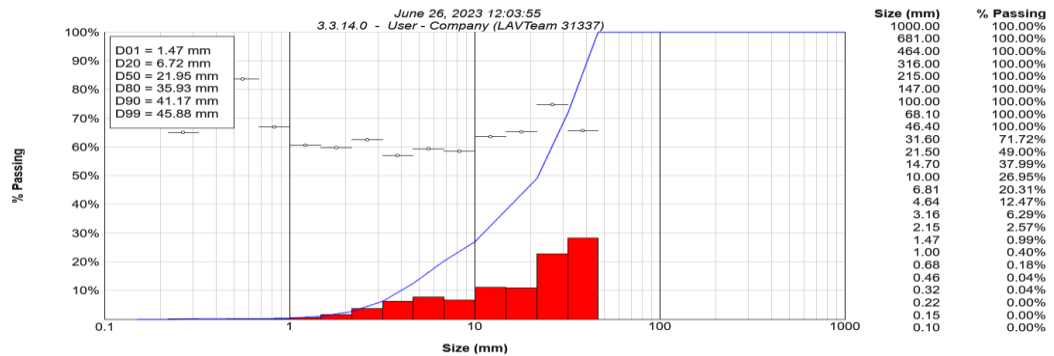
WhatsApp Image 2023-06-12 at 22.06.11



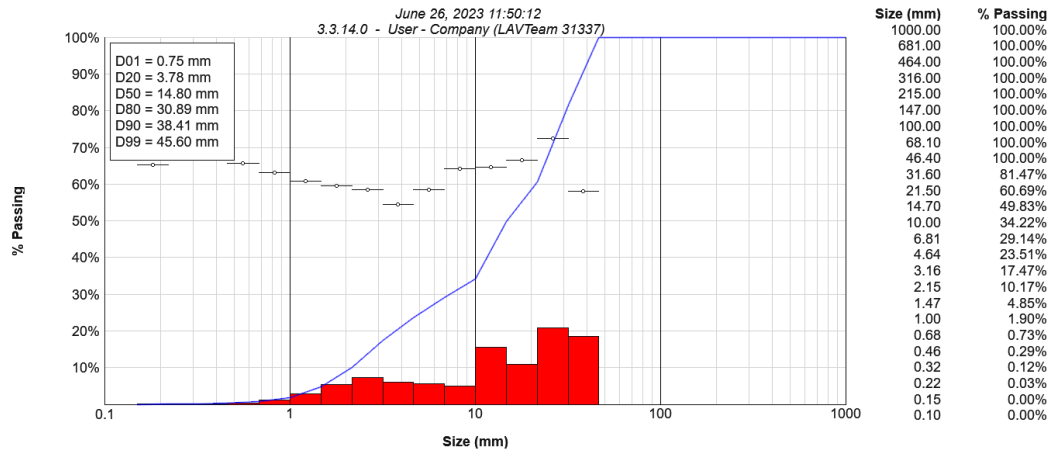
10. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 13 juni 2023



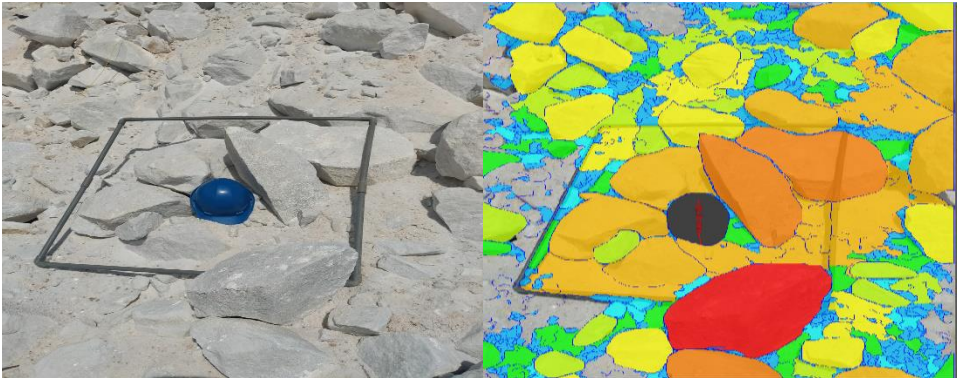
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.42.33



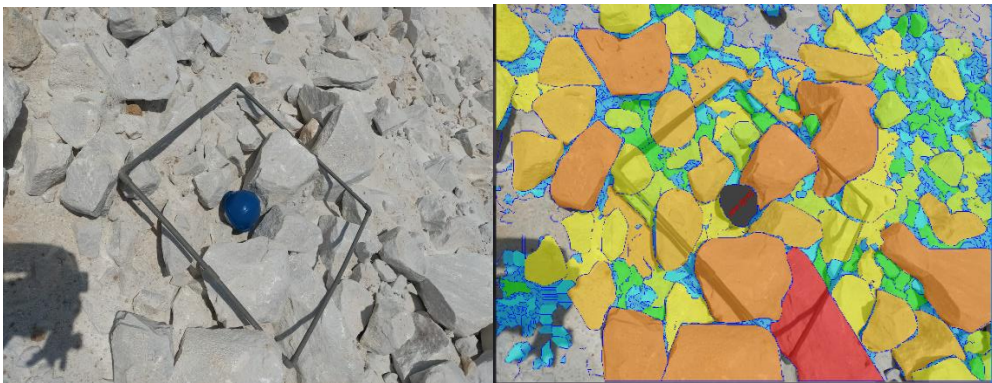
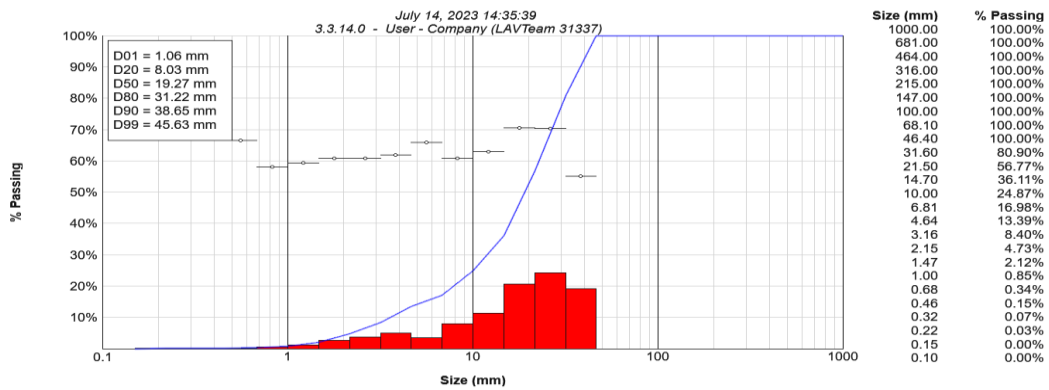
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.42.33 (1)



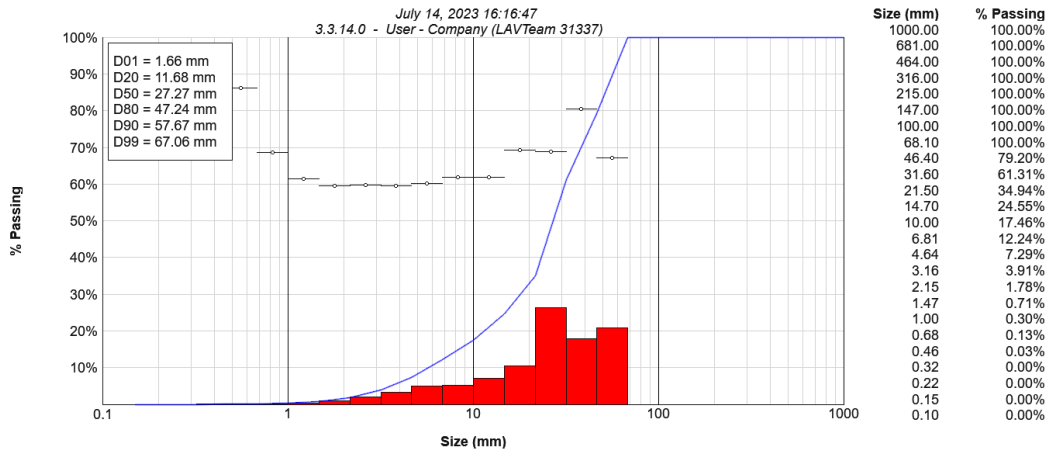
11. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 15 juni 2023



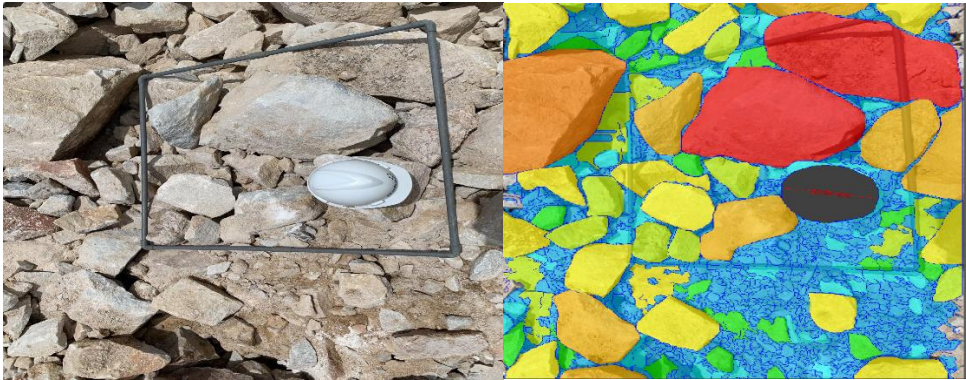
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.43.11



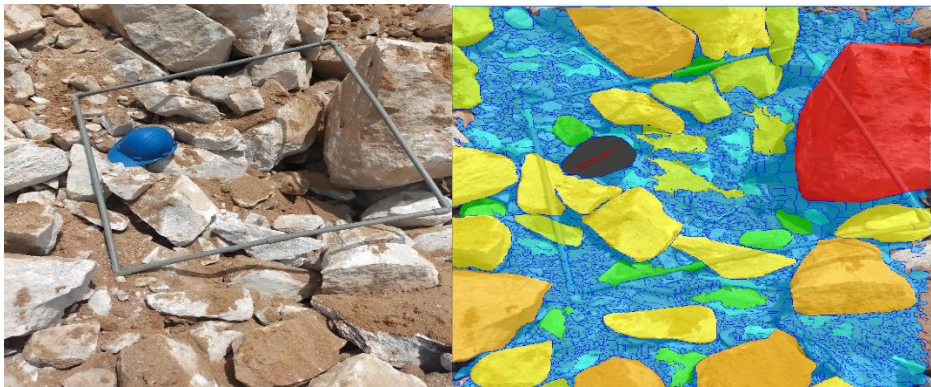
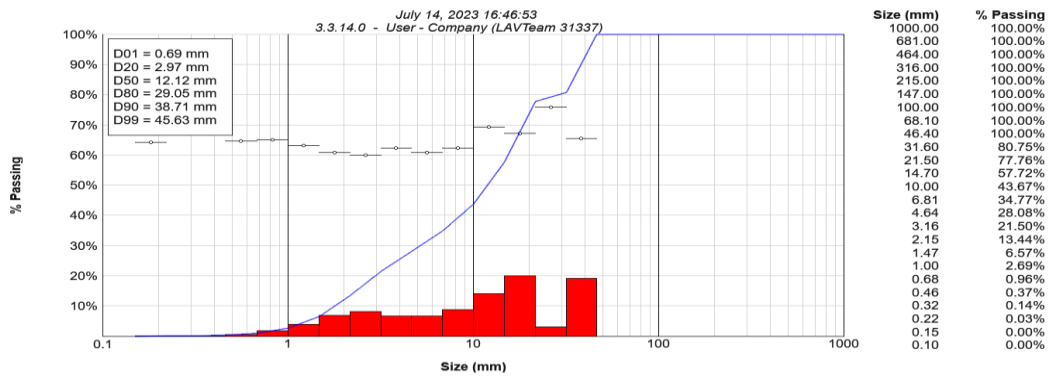
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.43.11 (1)



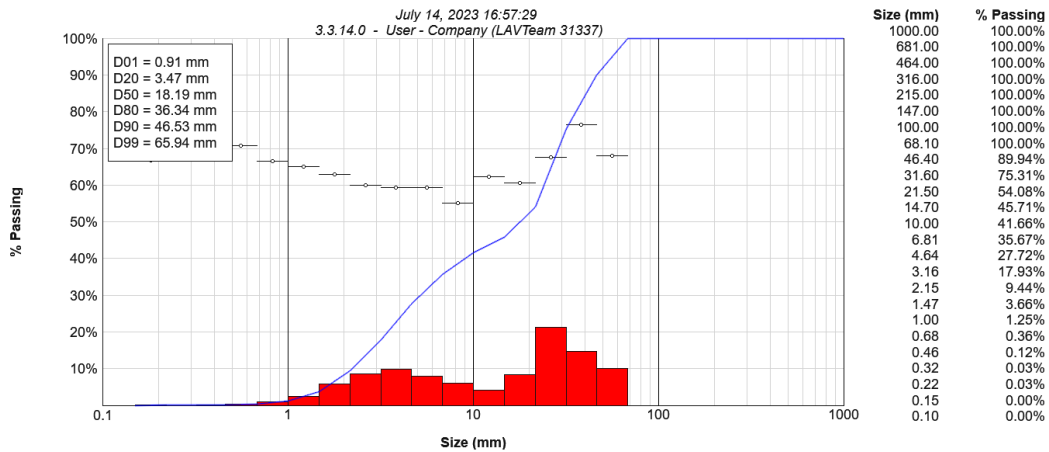
12. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 19 juni 2023



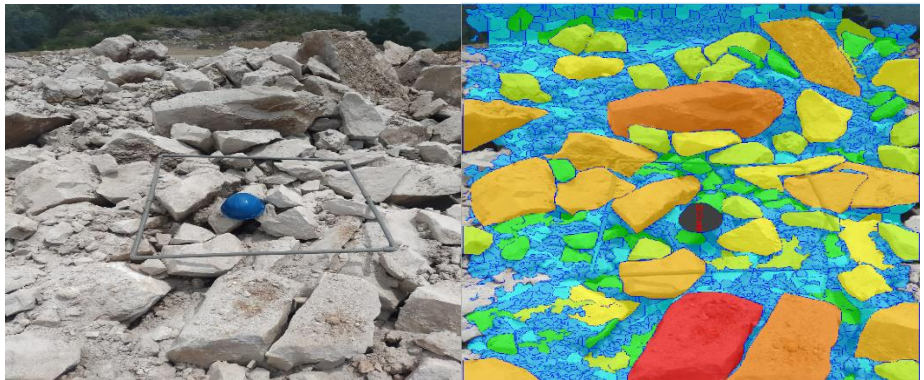
WhatsApp Image 2023-06-20 at 18.03.57



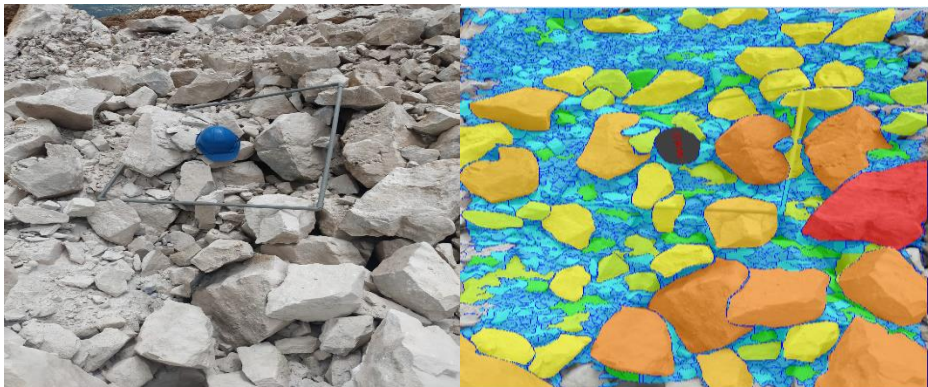
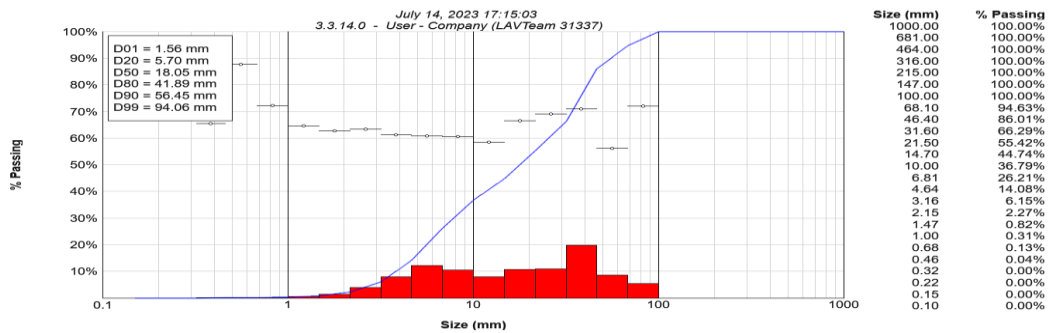
WhatsApp Image 2023-06-20 at 18.06.49



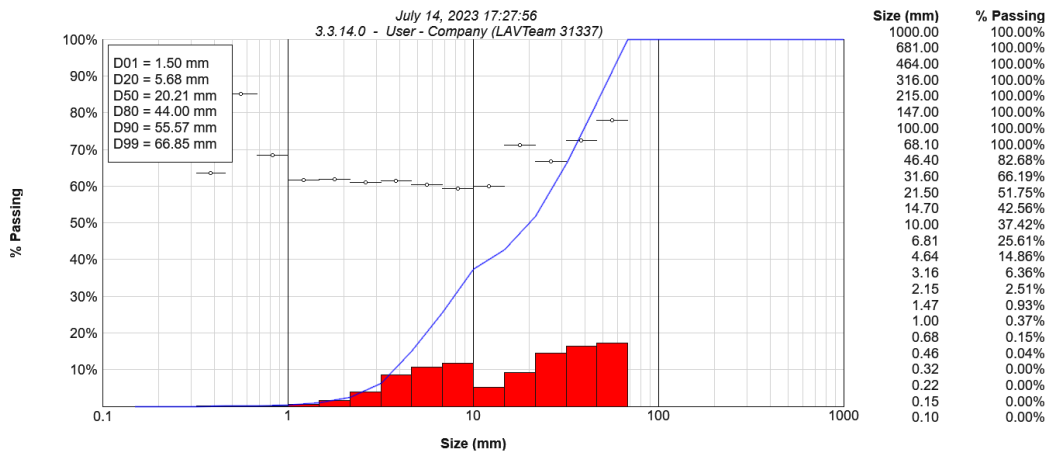
13. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 20 juni 2023



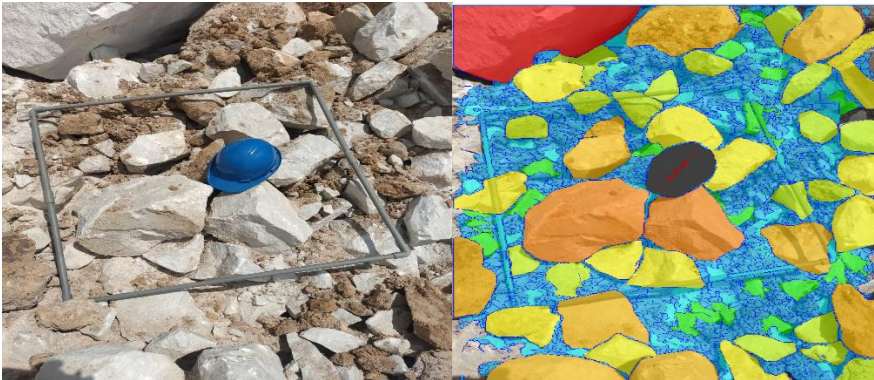
WhatsApp Image 2023-06-21 at 07.26.11 (1)



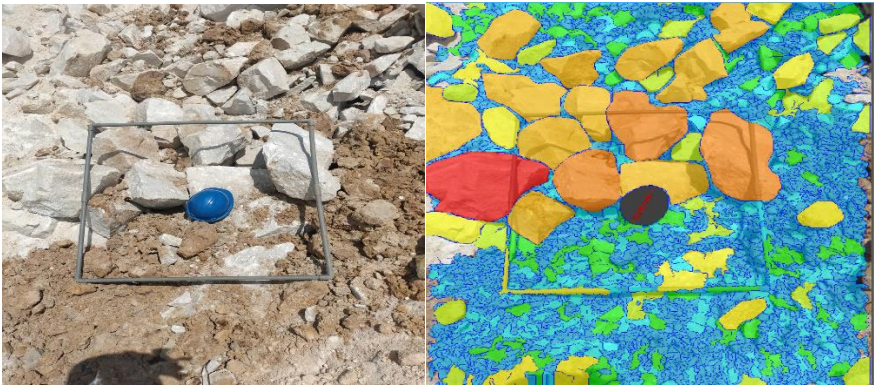
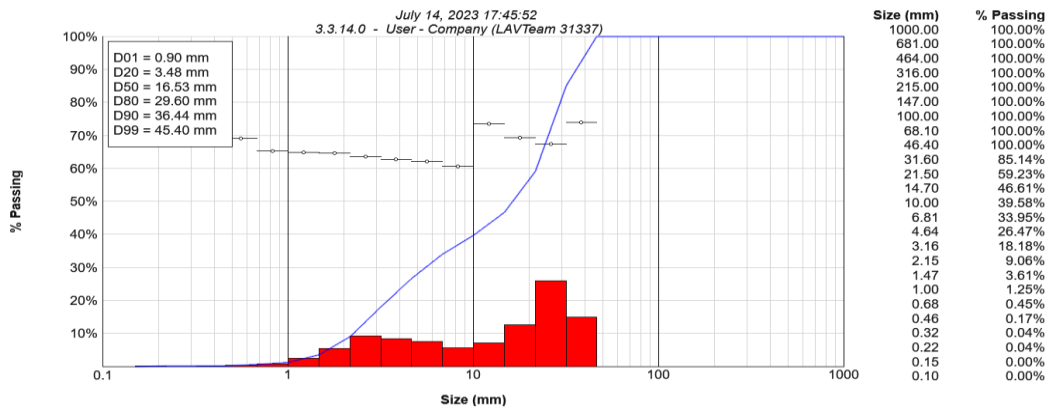
WhatsApp Image 2023-06-21 at 07.26.11



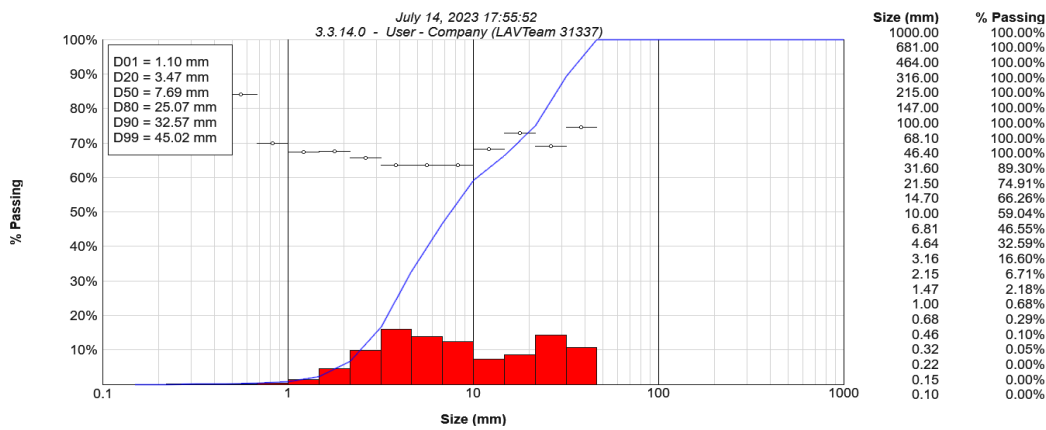
14. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 21 juni 2023



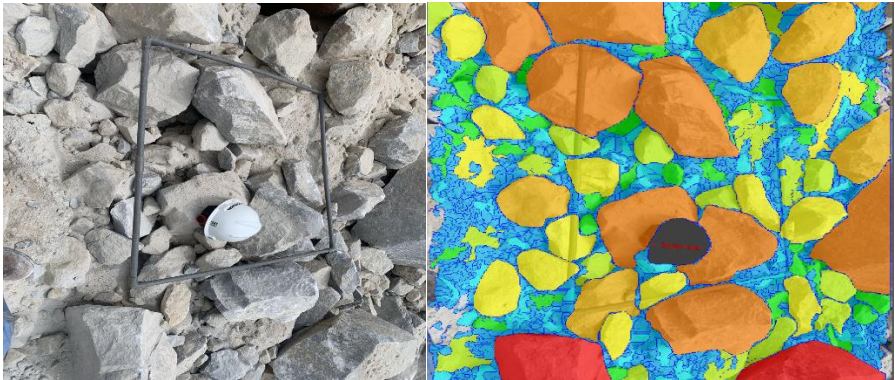
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.44.42 (1)



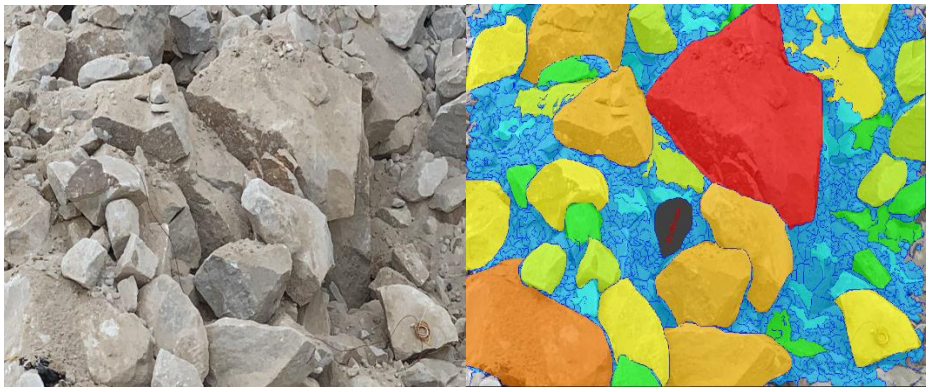
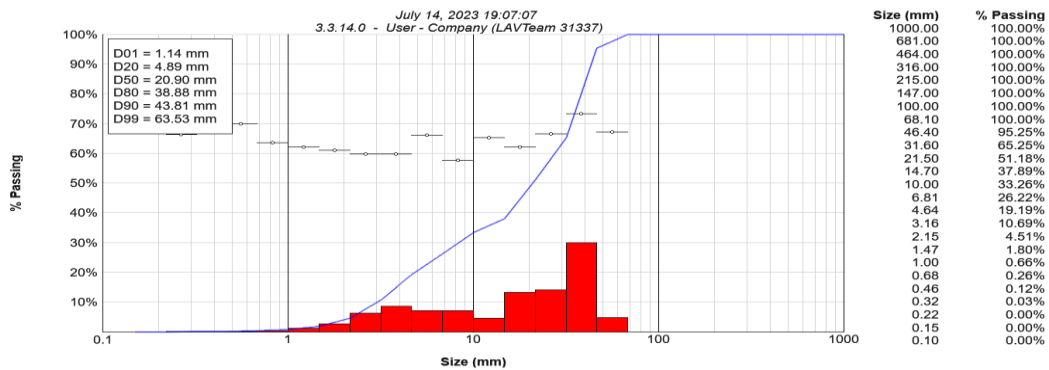
WhatsApp Image 2023-06-21 at 13.44.42



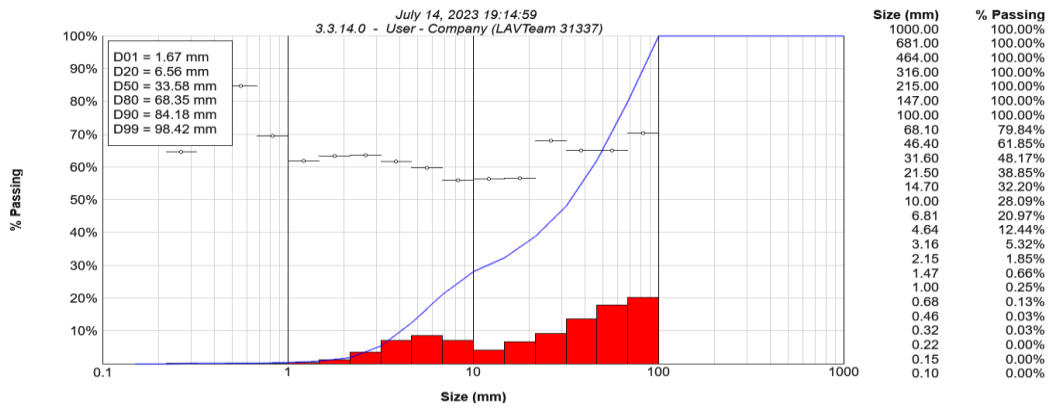
15. Hasil Pengolahan Fragmentasi Aktual Tanggal 22 juni 2023



WhatsApp Image 2023-06-22 at 20.52.32



WhatsApp Image 2023-06-22 at 20.52.33



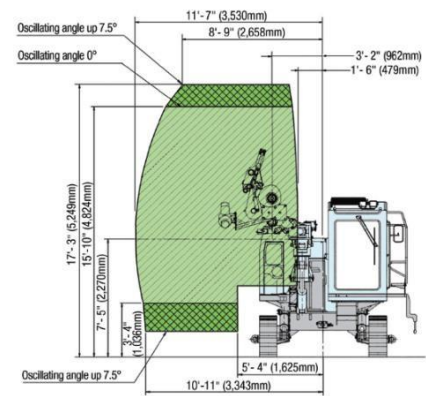
Lampiran 7. Spesifikasi Alat Bot HCR-1500 II



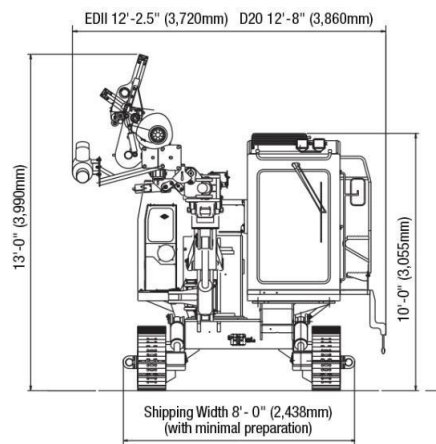
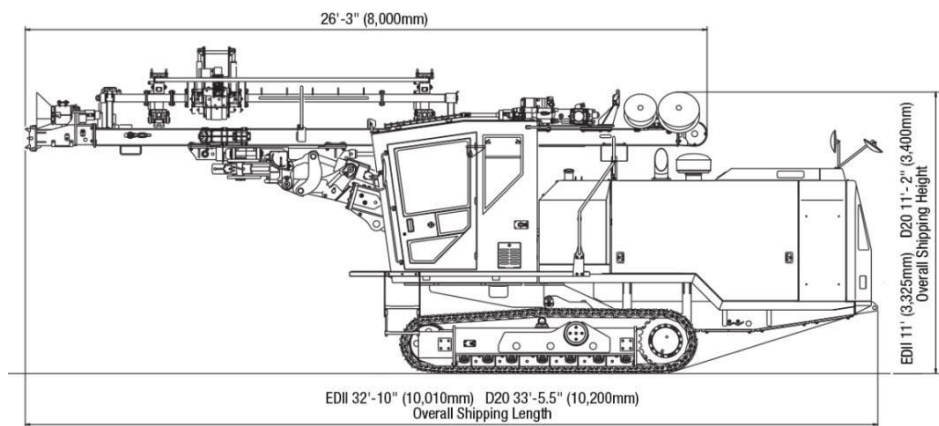
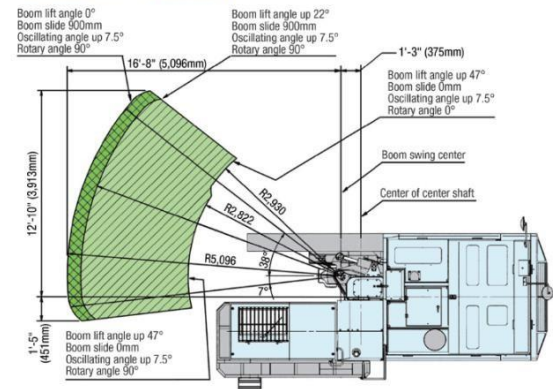
HCR1500 EDII/D20II Specifications

	HCR1500-ED II	HCR1500-D20 II
WEIGHT & DIMENSIONS	US Standard (Metric)	US Standard (Metric)
Operating Weight with Fuel/Oil	39,286 lb / 40,616 lb	17,820 kg / 18,420 kg
Overall length	32'-10" / 33'-5.5"	10,010 mm / 10,200 mm
Ground contact length	9'-1" / 9'-5"	2,780 mm / 2,865 mm
Overall width with pre-cleaner	12'-2" / 12'-8"	3,720 mm / 3,860 mm
Overall width	7'-10.5"	2,400 mm
Width of shoe	13"	330 mm
Overall height shipping	11' / 11'-2"	3325 mm / 3,400 mm
DRIFTER		
Model	HD715 II	
Weight	551 lb	250 kg
Impact rate	2,250 - 2,500 bmp	
Number of rotations	0 - 150 rpm	
UNDERCARRIAGE		
Ground clearance	20.4" / 19.2"	515 mm / 495 mm
Oscillating angle	±7.5° deg	
Travel speed	0 - 2.6 mph	0 - 4.2 km/h
Max grade of hill climb	57.7 (30°) %	
ENGINE		
Make/model	CATERPILLAR® / C9	
Type	Turbocharged and air to air after cooled diesel, direct fuel injection, electronic governor.	
Rated output	348hp / 2,200rpm	260kw / 2,200rpm
	Meets Tier III and EU stage-3	
	Low-emission, low fuel consumption Tier III Caterpillar® engine meets major exhaust emissions regulations in US and Europe.	
	Net usable output available at flywheel of the installed engine with all the standard accessories. SAEJ1349, SAEJ1995 conditions.	
Piston displacement	2.3 gal	8.8 liter
Fuel tank capacity	166 gal	630 liter
HYDRAULIC PUMP		
Type	2-variable displacement axial piston pumps; largest for travel, impact and feed, smaller for drifter rotation. 3-gear pumps for cooling and dust collector, boom and rod changer.	
Hydraulic oil tank capacity	63 gal	240 liter

Horizontal drilling coverage



Vertical drilling coverage



Lampiran 8. Peta Geologi Regional PT Semen Padang

