

1. Optimasi Tambang Bijih Nikel Studi Kasus Di Pit C Blok Keuno PT. Djava Berkah Mineral Site Project PT. Bukit Makmur Istindo Nikeltama Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah ... **Stefanus Asdadhinata, Waterman S. Bargawa, Rika Ernawati**
2. Rancangan Teknis Penambangan Batugamping Usaha Pertambangan Parno Di Desa Karangasem Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunungkidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta... **Achmad Rifai Yustiansyah, Eddy Winarno, Hasywir Thaib Siri**
3. Rencana Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Batugamping Di CV. Bahtera Usaha Sejati, Desa Bedoyo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, D.I.Yogyakarta... **Azuan Hafidz A., Gunawan Nusanto, Indun Titisariwati**
4. Analisis Kestabilan Lereng Pada Penambangan Batu Andesit PT Gunung Kulalet Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat... **Bhisma Indira, Barlian Dwinagara, Singgih Saptono, Mardiah**
5. Kajian Teknis Geometri Peledakan Untuk Memenuhi Target Fragmentasi Di Lokasi Penambangan Batugamping PT. Semen Padang... **Fadhila, Barlian Dwinagara, Nur Ali Amri, Abdul Rauf**
6. Kajian Teknis Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden di Pit Batu Tegak PT. Andalan Artha Primanusa Di Wilayah IUP PT.Budi Gema Gempita, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan ... **Daniel Arif Tarigan, Abdul Rauf, Bagus Wiyono**
7. Evaluasi Kinerja Crushing Plant Pada Unit Pengolahan Bijih Besi Di PT. Adidaya Tangguh, Jobsite Taliabu, Kabupaten Pulau Taliabu, Maluku Utara... **Fazril Ahsanu Amala, Dwi Poetranto WA, Bambang Wisaksono, Tri Wahyuningsih**
8. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Meningkatkan Efisiensi Kegiatan Produksi Batubara Di Blok A PT.Daya Bara Nusantara, Kecamatan Rantau Pandan, Kabupaten Bungo, Jambi... **Gilang Asra Bilhadi, Edy Nursanto, Gunawan Nusanto**
9. Optimasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Pada UP. Parno, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, D.I. Yogyakarta... **Grinta Satria Nugraha, Ketut Gunawan, Rika Ernawati, Dwi Herniti**
10. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Nikel di Pit Yudisthira PT. Elit Kharisma Utama Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara ... **Ibrahim Hilal, Hartono, Indun Titisariwati, Peter Eka Rosadi**
11. Rancangan Teknis Pabrik Peremuk untuk Memenuhi Target Produksi Batu Andesit 690 Ton/Hari di PT. Aneka Dharma Persada Kapanewon Sedayu Kabupaten Bantul ... **Untung Sukanto, Bambang Wisaksono, Sudaryanto, Jecky Pratama**
12. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut UD Quester Cwe 370 Dalam Kegiatan Pengangkutan Bijih Nikel, ... **Hendra Rujiadi Adha, Nurkhamim, Inmarlianto**
13. Penyelidikan Geomagnet untuk Pendugaan Mineral Galena PT. Hargosari Golden Mining Di Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo Kabupaten Wonogiri... **Alqorni Trikandalas Ginting, Winda, Inmarlinianto**
14. Analisis Rancangan Geometri Lereng Tambang Batupasir PT. Tbek Engineering Di Desa Sawangan, Kecamatan Gringsing... **R.Hariyanto, Dwi Poetranto W, Alvin Aditya Boko**
15. Analisis Beban Kerja Dan Kelelahan Kerja (Fatigue) dengan Alat L77 Lakassidaya Pada Operator Dump Truck Di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Kabupaten Tuban, Jawa Timuridentifikasi, Penilaian, dan Pengendalian Risiko Terhadap Proses Penambanban Batubara Di Pt. Pengembangan Investasi Riau Kecamatan Batang Peranap Kabupaten Indragiri Hulu Riau, ... **David Yerli Irfandi, Wawong Dwi Ratminah, Eddy Winarno**
16. Rancangan Sistem Pengaliran Tambang Di Pit Section 2 PT Andalan Artha Primanusa Pada Wilayah Izin Pertambangan PT Budi Gema Gempita Kabupaten Lahat ... **Muh Melfin Zainul, Hartono, Winda, Yasminda Amalia**
17. Identifikasi, Penilaian, Dan Pengendalian Risiko Terhadap Proses Penambangan Batubara Di PT. Pengembangan Investasi Riau Kecamatan Batang Peranap ... **Ronaldo Stepanus Manurung, Dyah Probowati, Nurkhamim**
18. Kajian Teknis Produktivitas Ripping Bulldozer Komatsu D375A-6R Pada Pengupasan Overburden Di PT. Mitra Maju Gemilang ... **Fidelis Dyaskara, Hasywir, Juanita R Homan**
19. Kajian Teknis Produktivitas Alat Muat Shovel Komatsu PC3000 Elektrik dan Alat Angkut Rigid Truck Belaz 75135 Pada Pengupasan Overburden Di Pit 3 Timur ... **Kresno, Rizki Fajli Darma Emsya, Waterman S Bargawa**
20. Kajian Teknis Pengontrolan Ground Vibration Level Pada Operasi Peledakan Bedrock Sorowako East Dan West Area PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako Kecamatan Nuha Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan... **Arwan Wira Yudha, R. Hariyanto, Ketut Gunawan, Indri Lesta Siwidiani**
21. Improving Students' English Skills ... **Indri Lesta Siwidiani**
22. Tinjauan Aspek Kerekayasaan Pada Rancangan Terowongan Untuk Sipil Dan Tambang... **S. Koesnaryo, Tien Veny Vera, Ardy Pramesti Putri Arindry, Muhammad Cholid**
23. Redesign Metode Belajar Dengan E-Learning Pada Pemahaman dan Persepsi Mahasiswa Pertambangan Terhadap Pancasila... **Yunie Herawati, Agus Sasmito Aribowo, Emy Nur Harianti**
24. Evaluasi Geometri Jalan Tambang pada Pengangkutan Overburden dari Front A2 menuju Disposal untuk meningkatkan Produktivitas dari PT. Riung Mitra Lestari Site Krassi PT. Mandiri Intiperkasa, Kalimantan Utara ... **Kresno, Hilmi Faisol Aflah, Khalid Syafrianto, Tedy Agung Cahyadi**



# JURNAL

# Teknologi Pertambangan

1. **PENANGGUNG JAWAB** : Ketua Jurusan Teknik Pertambangan-FTM  
UPN "Veteran" Yogyakarta

2. **REDAKSI**

Ketua : Dr. Nur Ali Amri, MT  
Wakil Ketua : Ir. Hasywir Thaib Siri, MSc.  
Sekretaris I : Dr. Tedy Agung Cahyadi, ST., MT  
Sekretaris II : Heru Suharyadi ST., MT.  
Anggota : a. Shenny Linggasari ST., MT.  
b. Faizal Agung R., MT.  
c. Kristanto Jiwo S, ST., MT.  
d. Aldio Kresna Pambayu, ST., MT.

3. **REVIEWER**

Prof. Ir. D. Haryanto, M.Sc. Ph.D. (UPNVY) Dr. Ir. Eddy Winarno, S.Si, MT. (UPNVY)  
Prof. Dr. Budi Sulistyanto, M.Sc. (ITB) Dr. Edy Nursanto, ST, MT. (UPNVY)  
Dr. rer. nat. Arifudin Idrus, MT. (UGM) Ir. Kresno, M.Sc, MM. (UPNVY)  
Dr. Ir. Singgih Saptono, MT. (UPNVY)  
Dr. Ir. Waterman Sulistyana B., MT. (UPNVY)  
Dr. Ir. Barlian Dwinagara, MT. (UPNVY)

# JURNAL

# Teknologi Pertambangan

## DAFTAR ISI

1. Optimasi Tambang Bijih Nikel Studi Kasus Di Pit C Blok Keuno PT. Djawa Berkah Mineral Site Project PT. Bukit Makmur Istindo Nikeltama Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah ... **Stefanus Asdadhinata, Waterman S. Bargawa, Rika Ernawati** 1-12
2. Rancangan Teknis Penambangan Batugamping Usaha Pertambangan Parno Di Desa Karangasem Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunungkidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta... **Achmad Rifai Yustiansyah, Eddy Winarno, Hasywir Thaib Siri** 13-17
3. Rencana Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Batugamping Di CV. Bahtera Usaha Sejati, Desa Bedoyo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkiduk, D.I.Yogyakarta... **Azuan Hafidz A., Gunawan Nusanto, Indun Titisariwati** 18-23
4. Analisis Kestabilan Lereng Pada Penambangan Batu Andesit PT Gunung Kulalet Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat... **Bhisma Indira, Barlian Dwinagara, Singgih Saptono, Mardiah** 24-35
5. Kajian Teknis Geometri Peledakan Untuk Memenuhi Target Fragmentasi Di Lokasi Penambangan Batugamping PT. Semen Padang... **Fadhila, Barlian Dwinagara, Nur Ali Amri, Abdul Rauf** 36-43
6. Kajian Teknis Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden di Pit Batu Tegak PT. Andalan Artha Primanusa Di Wilayah IUP PT.Budi Gema Gempita, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan ... **Daniel Arif Tarigan, Abdul Rauf, Bagus Wiyono** 44-52
7. Evaluasi Kinerja Crushing Plant Pada Unit Pengolahan Bijih Besi Di PT. Adidaya Tangguh, Jobsite Taliabu, Kabupaten Pulau Taliabu, Maluku Utara... **Fazril Ahsanu Amala, Dwi Poetranto WA, Bambang Wisaksono, Tri Wahyuningsih** 53-56
8. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut Untuk Meningkatkan Efisiensi Kegiatan Produksi Batubara Di Blok A PT.Daya Bara Nusantara, Kecamatan Rantau Pandan, Kabupaten Bungo, Jambi... **Gilang Asra Bilhadi, Edy Nursanto, Gunawan Nusanto** 57-62
9. Optimasi Produktivitas Alat Muat dan Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Pada UP. Parno, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, D.I. Yogyakarta... **Grinta Satria Nugraha, Ketut Gunawan, Rika Ernawati, Dwi Herniti** 63-70
10. Kajian Teknis Sistem Penyaliran Pada Tambang Terbuka Nikel di Pit Yudisthira PT. Elit Kharisma Utama Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara ... **Ibrahim Hilal, Hartono, Indun Titisariwati, Peter Eka Rosadi** 71-78
11. Rancangan Teknis Pabrik Peremuk untuk Memenuhi Target Produksi Batu Andesit 690 Ton/Hari di PT. Aneka Dharma Persada Kapanewon Sedayu Kabupaten Bantul ... **Untung Sukamto, Bambang Wisaksono, Sudaryanto, Jecky Pratama** 79-93
12. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut UD Quester Cwe 370 Dalam Kegiatan Pengangkutan Bijih Nikel, ... **Hendra Rujiadi Adha, Nurkhamim, Inmarlinianto** 94-106
13. Penyelidikan Geomagnet untuk Pendugaan Mineral Galena PT. Hargosari Golden Mining Di Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo Kabupaten Wonogiri... **Alqorni Trikandalas Ginting, Winda, Inmarlinianto** 107-113
14. Analisis Rancangan Geometri Lereng Tambang Batupasir PT. Tbek Engineering Di Desa Sawangan, Kecamatan Gringsing... **R.Hariyanto, Dwi Poetranto WA, Alvin Aditya Boko** 114-123
15. Analisis Beban Kerja Dan Kelelahan Kerja (Fatigue) dengan Alat L77 Lakassidaya Pada Operator Dump Truck Di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk Kabupaten Tuban, Jawa Timuridentifikasi, Penilaian, dan Pengendalian Risiko Terhadap Proses Penambanban Batubara Di Pt. Pengembangan Investasi Riau Kecamatan Batang Peranap Kabupaten Indragiri Hulu Riau, ... **David Yerli Irfandi, Wawong Dwi Ratminah, Eddy Winarno** 124-135
16. Rancangan Sistem Pengaliran Tambang Di Pit Section 2 PT Andalan Artha Primanusa Pada Wilayah Izin Pertambangan PT Budi Gema Gempita Kabupaten Lahat ... **Muh Melfin Zainul, Hartono, Winda, Yasminda Amalia** 136-144
17. Identifikasi, Penilaian, Dan Pengendalian Risiko Terhadap Proses Penambangan Batubara Di PT. Pengembangan Investasi Riau Kecamatan Batang Peranap ... **Ronaldo Stepanus Manurung, Dyah Probowati, Nurkhamim** 145-151
18. Kajian Teknis Produktivitas Ripping Bulldozer Komatsu D375A-6R Pada Pengupasan Overburden Di PT. Mitra Maju Gemilang ... **Fidelis Dyaskara , Hasywir, Juanita R Homan** 152-158
19. Kajian Teknis Produktivitas Alat Muat Shovel Komatsu PC3000 Elektrik dan Alat Angkut Rigid Truck Belaz 75135 Pada Pengupasan Overburden Di Pit 3 Timur ... **Kresno, Rizki Fajli Darma Emsya, Waterman S Bargawa** 159-167

20. Kajian Teknis Pengontrolan Ground Vibration Level Pada Operasi Peledakan Bedrock Sorowako East Dan West Area PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako Kecamatan Nuha Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan... **Arwan Wira Yudha, R. Hariyanto, Ketut Gunawan, Indri Lesta Siwidiani** **168-183**
21. Improving Students' English Skills ... **Indri Lesta Siwidiani** **184-189**
22. Tinjauan Aspek Kerekayasaan Pada Rancangan Terowongan Untuk Sipil Dan Tambang... **S. Koesnaryo, Tien Veny Vera, Ardy Pramesti Putri Arindry, Muhammad Cholid** **190-197**
23. *Redesign* Metode Belajar Dengan E-Learning Pada Pemahaman dan Persepsi Mahasiswa Pertambangan Terhadap Pancasila... **Yunie Herawati , Agus Sasmito Aribowo, Emy Nur Harianti** **198-206**
24. Evaluasi Geometri Jalan Tambang pada Pengangkutan Overburden dari Front A2 menuju Disposal untuk meningkatkan Produktivitas dari PT. Riung Mitra Lestari Site Krassi PT. Mandiri Intiperkasa, Kalimantan Utara ... **Kresno, Hilmi Faisol Aflah, Khalid Syafrianto, Tedy Agung Cahyadi** **207-212**

## **KAJIAN TEKNIS GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK MEMENUHI TARGET FRAGMENTASI DI LOKASI PENAMBANGAN BATUGAMPING PT. SEMEN PADANG**

Fadhila<sup>1a</sup>, Barlian Dwinagara<sup>1</sup>, Nur Ali Amri<sup>1</sup>, Abdul Rauf<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UPN "Veteran" Yogyakarta

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia

email: [sr.fadhila@gmail.com](mailto:sr.fadhila@gmail.com)

### **ABSTRACT**

*PT. Semen Padang carried out limestone loosening activities using the drilling and blasting method to shorten the loosening time with large uncovered volumes. The success parameter of a blasting activity was rock fragmentation. Rock fragmentation played a role in optimizing production, therefore the distribution of rock fragmentation resulting from blasting must conformed the fragmentation target. This research aims to get the geometry of blasting that results in rock fragmentation resulting from blasting in accordance with the fragmentation target. The size of rock fragmentation was defined as a boulder, namely rock fragmentation with size >80 cm. The results of the research in the field indicated the actual blasting operations of limestone at PT. Semen Padang founded problems, namely rock fragmentation resulting from blasting that did not conformed the required criteria. The target for rock fragmentation resulting from blasting has not been achieved is due to excessive consumption of explosives and deviations in burden, spacing and depth of the blast hole which was smaller or larger than the initial blasting design. Based on analysis using Split-Desktop Software, the rock fragmentation resulting from blasting was not suitable with the criteria because the boulder size rock fragmentation (>80 cm) was more than 7%. Based on the Kuz-Ram method, the rock fragmentation resulting from blasting was also not suitable with the criteria because the boulder size rock fragmentation (>80 cm) was more than 20%. To increase rock fragmentation, calculations were made on the actual blast geometry, R.L. Ash, C.J. Konya, and ICI- Explosive, which are expected to reduce the formation of boulders. So that it could be concluded that the ideal blasting geometry for limestone was blasting geometry according to the formula C.J. Konya with a burden of 3.46 m, a spacing of 3.5 m, a blast hole depth of 11m, and a power factor of 0.22 kg/m<sup>3</sup>. The percentage of rock fragmentation resulting from the blasting geometry of the formula C.J. Konya that was passed the 80 cm sieve were 99,65%.*

*Keywords: Fragmentation target, Split-Desktop Software, Boulder.*

### **ABSTRAK**

PT. Semen Padang melakukan kegiatan pembeaian batugamping dengan menggunakan metode pengeboran dan peledakan untuk mempersingkat waktu pembongkaran dengan volume terbongkar yang besar. Parameter keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan adalah fragmentasi batuan. Fragmentasi batuan berperan untuk mengoptimalkan produksi, oleh karena itu distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan harus memenuhi target fragmentasi. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah memperoleh geometri peledakan yang menghasilkan fragmentasi batuan hasil peledakan sesuai dengan target fragmentasi. Ukuran fragmentasi batuan yang ditetapkan sebagai *boulder* yaitu fragmentasi batuan yang berukuran >80 cm. Hasil penelitian di lapangan menunjukkan bahwa operasi peledakan aktual batugamping di PT. Semen Padang ditemukan permasalahan yaitu fragmentasi batuan hasil peledakan yang belum memenuhi kriteria yang dibutuhkan. Belum tercapainya target fragmentasi batuan hasil peledakan diakibatkan konsumsi bahan peledak yang berlebih dan adanya penyimpangan *burden*, *spacing* serta kedalaman lubang ledak yang lebih kecil atau lebih besar dari desain awal peledakan. Berdasarkan analisis menggunakan *Software Split-Desktop*, fragmentasi batuan hasil peledakan belum sesuai dengan kriteria karena fragmentasi batuan ukuran *boulder* (>80 cm) lebih dari 7%. Berdasarkan metode *Kuz-Ram*, fragmentasi batuan hasil peledakan juga belum sesuai dengan kriteria karena fragmentasi batuan ukuran *boulder* (>80 cm) lebih dari 20%. Untuk meningkatkan fragmentasi batuan dilakukan perhitungan terhadap geometri peledakan aktual, *R.L Ash*, *C,J Konya* dan *ICI- Explosive*, yang diharapkan dapat mengurangi terbentuknya *boulder*. Sehingga didapat kesimpulan geometri peledakan yang ideal untuk batugamping yaitu geometri peledakan menurut rumusan *C,J Konya* dengan *burden* 3,46 m, *spacing* 3,5 m, kedalaman lubang ledak 11 m dan *powder factor* 0,22 kg/m<sup>3</sup>. Persentase fragmentasi batuan hasil geometri peledakan rumusan *C,J Konya* yang lolos ayakan 80 cm sebesar 99,65%.

Kata Kunci: Target fragmentasi, *Software Split-Desktop*, *Boulder*

## I. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

PT. Semen Padang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang industri semen yang dinaungi oleh PT. Semen Indonesia. Dalam industri semen, batugamping merupakan bahan baku utama. PT.Semen Padang memperoleh batugamping untuk kebutuhan pabrik dari hasil penambangan di lokasi Tambang Quarry yang terletak di Bukit Karang Putih, Kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang. Sistem penambangan yang diterapkan di Bukit Karang Putih adalah sistem tambang terbuka (surface mining) dengan metode side hill type. Dalam aktivitas penambangan batugamping, PT. Semen Padang melaksanakan metode pengeboran dan peledakan untuk mempersingkat waktu pembongkaran dengan volume terbongkar yang besar. Metode pengeboran dan peledakan diharapkan batugamping yang terbongkar memiliki ukuran fragmentasi yang sesuai dengan target fragmentasi yang ingin dicapai dan menghindari terbentuknya boulder. Terbentuknya boulder dapat menurunkan kinerja alat gali muat dan proses crushing, sehingga memerlukan penanganan khusus seperti secondary blasting dan penggunaan rock breaker. Penanganan-penanganan tersebut membutuhkan waktu dan biaya lebih, sehingga dianggap merugikan.

Salah satu parameter penting yang harus diperhatikan dalam kinerja operasi peledakan adalah geometri peledakan. Penentuan geometri peledakan mulai dari burden, spacing, panjang kolom isian, stemming, tinggi jenjang, subdrilling, dan kedalaman lubang ledak serta powder factor harus memperhatikan karakteristik massa batuan dan kondisi geologi yang ada di lokasi peledakan. Akan tetapi dalam kegiatan peledakan di lapangan dijumpai penyimpangan-penyimpangan ukuran dari parameter geometri peledakan tersebut seperti ukuran burden, spacing dan kedalaman lubang ledak yang tidak sesuai antara ukuran aktual dengan ukuran yang direncanakan, sehingga menyebabkan fragmentasi yang dihasilkan masih banyak berukuran boulder. Persen deviasi yang diperoleh dari desain geometri peledakan yang direncanakan dengan desain geometri peledakan aktual yang diukur di lapangan adalah sebesar 2,05%, sehingga untuk menentukan perbaikan geometri peledakan yang akan diusulkan mengasumsikan persen deviasi yang sama.

Kriteria fragmentasi batuan hasil peledakan yang telah ditentukan yaitu  $\leq 80$  cm sebesar  $\geq 95\%$ . Oleh karena itu distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan diupayakan harus memenuhi kriteria tersebut. Namun dari kondisi peledakan yang dilakukan saat ini fragmentasi batuan masih banyak berukuran boulder atau  $>80$  cm, dengan rata-rata persentase kumulatif lolos berukuran 80 cm sebanyak 79,65% dengan analisis Kuz-Ram dan

92,42% dengan analisis Split-Desktop. Dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan geometri peledakan aktual dan dengan fragmentasi batuan hasil peledakan aktual di lapangan ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan  $\leq 80$  cm masih kurang dari 95%. Sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang geometri peledakan, sehingga fragmentasi batuan hasil peledakan akan sesuai dengan kriteria yang ditentukan.

### Rumusan Masalah

Masih banyaknya boulder yang terbentuk dari kegiatan peledakan tentu akan mempersulit alat gali muat dan crusher dalam bekerja. Sehingga perlu diketahui distribusi dari fragmentasi batuan hasil peledakan saat ini yang berupa boulder (ukuran  $>80$  cm) untuk dilakukan perbaikan geometri peledakan yang tepat dengan mengasumsikan persen deviasi yang sama dengan yang diperoleh sebelumnya di lapangan, agar fragmentasi batuan hasil peledakan sesuai dengan kebutuhan serta dapat mempermudah proses gali muat dan crushing

### Tujuan Penelitian

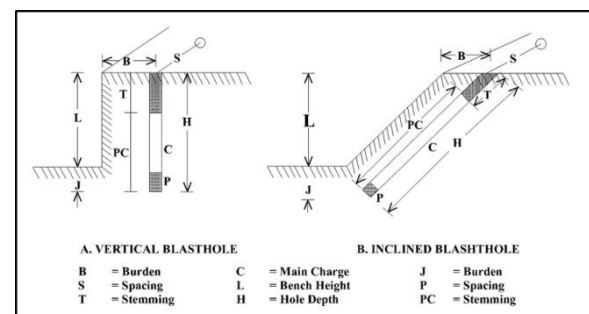
Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh data geometri peledakan rencana, geometri peledakan aktual di lapangan dan geometri peledakan perbaikan yang menghasilkan fragmentasi batuan sesuai dengan target fragmentasi.
2. Mendapatkan data persebaran distribusi fragmentasi batuan sebelum dan setelah kegiatan peledakan dengan metode Kuz-Ram dan Software Split-Desktop, dan memprediksi distribusi fragmentasi batuan setelah perbaikan serta mengungkap persentase fragmentasi batuan yang berupa boulder (ukuran  $>80$  cm).

## II. DASAR TEORI

Geometri peledakan terdiri dari beberapa parameter yaitu *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling* dan kedalaman lubang ledak. Dalam mencari besaran geometri peledakan jenjang, ada beberapa persamaan yang dapat dipakai antara lain rumus *R.L Ash*, rumus *C.J Konya*, rumus *ICI Explosive*.

1. Geometri peledakan menurut R.Lash (1963) dalam Saptono (2006)



Gambar 1.  
Geometri Peledakan Menurut Teori R.L.Ash  
(Saptono, 2006)

a. Burden (B)

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang ledak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan. Menentukan ukuran burden merupakan langkah awal agar fragmentasi batuan hasil peledakan dapat memuaskan.

Burden diturunkan berdasarkan diameter lubang ledak atau diameter mata bor atau diameter dodol bahan peledak. Untuk menentukan burden, R.L. Ash (1967) mendasarkan pada acuan yang dibuat secara empirik, yaitu adanya batuan standar dan bahan peledak standar.

- Batuan standar adalah batuan yang mempunyai densitas 160 lb/cu.ft (2,56 ton/m<sup>3</sup>), tidak lain dari densitas batuan rata-rata.

- Bahan peledak standar adalah bahan peledak yang mempunyai berat jenis (SG) 1,20 dan kecepatan detonasi (Ve) 12.000 fps (3.657,60 m/det).

Apabila batuan yang akan diledakkan sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang dipakai ialah bahan peledak standar, maka digunakan burden ratio (Kb) yaitu 30. Tetapi bila batuan yang akan diledakkan tidak sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang digunakan bukan pula bahan peledak standar, maka harga kb-standar itu harus dikoreksi menggunakan faktor penyesuaian (adjustment factor).

Jika:

$$B = \frac{Kb \times De}{12} \text{ ft} \quad \text{atau} \quad B = \frac{Kb \times De}{39,30} \text{ m}$$

De = Diameter lubang ledak (inchi)

B = Burden

Kb = Nisbah *burden* yang telah dikoreksi

Faktor penyesuaian (*adjustment factor*):

- Batuan yang akan diledakkan ( $Af_1$ )

- Bahan peledak yang dipakai ( $Af_2$ )

Maka :

$$Kb_{Koreksi} = 30 \times Af_1 \times Af_2$$

$Af_1$  = *Adjustment factor* untuk batuan yang diledakkan

$Af_2$  = *Adjustment factor* untuk bahan peledak yang dipakai

Dengan :

$$Af_1 = \left(\frac{D_{std}}{D}\right)^{1/3}$$

$$Af_2 = \left(\frac{SG \cdot Ve^2}{SG_{std} \cdot Ve_{std}^2}\right)^{1/3}$$

Keterangan :

Ve = VOD bahan peledak yang dipakai

SG = Berat jenis bahan peledak yang dipakai

D = Bobot isi batuan yang diledakkan

$D_{std}$  = Bobot isi batuan standar (160 lb/cu.ft)

$SG_{std}$  = Berat jenis bahan peledak standar (1,20)

$Ve_{std}$  = VOD bahan peledak standar (12.000 fps)

$Kb_{std}$  = Nisbah *burden* standar (30)

Jadi :

$$B = \frac{Kb_{terkoreksi} \times De}{39,30} \text{ m}$$

b. Spacing (S)

Spacing adalah jarak antara lubang ledak dirangkai dalam satu baris dan diukur sejajar

terhadap bidang bebas.

$$S = Ks \times B$$

Keterangan :

Ks = Spacing Ratio (1,00 - 2,00)

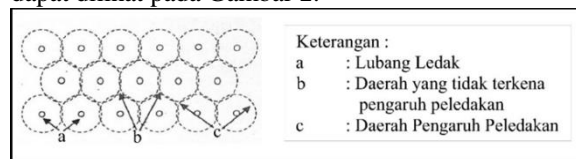
B = Burden (m)

Spacing yang lebih kecil dari ketentuan akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Tetapi jika spacing lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terbentuk bongkah (boulder) dan tonjolan diantara dua lubang ledak setelah peledakan.

Berdasarkan cara urutan peledakannya, pedoman penentuan spacing adalah sebagai berikut :

1. Bila lubang tembak dalam satu baris dinyalakan serentak, maka nilai Ks = 2 atau S = 2B.
2. Bila lubang tembak dalam satu baris dinyalakan secara beruntun dengan delay interval lama (second delay), maka nilai Ks = 1 atau S = B.
3. Bila lubang tembak dalam satu baris dinyalakan secara beruntun dengan millisecond delay, maka nilai S antara 1B hingga 2B.
4. Jika terdapat kekar yang saling tidak tegak lurus, maka nilai S antara 1,2B – 1,8B.
5. Peledakan dengan pola equilateral dan beruntun tiap lubang ledak dalam baris yang sama, nilai S = 1,15B (Saptono, 2006).

Pengaruh spacing pada penyebaran energi ledakan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2.

Pengaruh Spacing pada Penyebaran Energi Ledakan (Koesnaryo, 2011)

c. Stemming (T)

Stemming adalah lubang ledak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, biasanya diisi oleh abu hasil pengeboran atau material berukuran kerikil (lebih baik) dan dipadatkan di atas bahan peledak.

Stemming berfungsi untuk :

1. Meningkatkan confining pressure dari akumulasi gas hasil ledakan.
2. Menyeimbangkan tekanan di daerah stemming.
3. Mengurangi gas hasil proses kimia bahan peledak.
4. Mengontrol kemungkinan terjadinya airblast dan flyrock.

Untuk menghitung panjang stemming perlu ditentukan dulu stemming ratio (Kt), yaitu perbandingan panjang stemming dengan burden. Biasanya Kt standar yang dipakai 0,70 dan ini cukup untuk mengontrol airblas, flyrock, dan stress balance. Untuk menghitung stemming dipakai persamaan :

$$T = Kt \times B$$

Keterangan:

Kt = Stemming ratio (0,75–1,00)

T = Stemming (m)

d. Kedalaman lubang ledak (H)

Kedalaman lubang ledak tidak boleh lebih kecil dari ukuran burden untuk menghindari terjadinya overbreaks dan cratering. Kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan geoteknik. Menurut Ash (1967), kedalaman lubang berdasarkan pada hole depth ratio (Kh) yang harganya antara 1,50 – 4,00. Hal ini serupa dengan stiffness ratio. Hubungan kedalaman lubang ledak dengan burden adalah sebagai berikut :

$$H = Kh \times B$$

Keterangan:

Kh = Hole depth ratio, yang bernilai antara 1,5 – 4,0

H = Kedalaman lubang ledak (m)

e. Subdrilling (J)

Subdrilling adalah lubang ledak yang dibor sampai melebihi batas lantai jenjang bagian bawah. Maksudnya supaya batuan dapat meledak secara fullface dan untuk menghindari kemungkinan adanya tonjolan-tonjolan pada lantai jenjang bagian bawah. Tonjolan yang terjadi akan menyulitkan peledakan berikutnya dan pada waktu pemuatan serta pengangkutan.

Panjang subdrilling diperoleh dengan menentukan harga subdrilling ratio (Kj) yang besarnya tidak lebih kecil dari 0,20. Untuk batuan masif biasanya dipakai Kj sebesar 0,30.

Persamaan :

$$J = Kj \times B$$

Keterangan:

Kj = subdrilling ratio, dengan nilai antara 0,2 – 0,3

J = subdrilling (m)

f. Charge Length (PC)

Charge length merupakan panjang kolom isian bahan peledak.

Persamaan :

$$PC = H - T$$

Keterangan :

PC = Panjang kolom isian (m)

H = Kedalaman lubang ledak (m)

T = Stemming (m)

g. Loading Density (de)

Loading density adalah jumlah isian bahan peledak per meter panjang kolom isian.

Persamaan :

$$de = 71,63 \times \frac{De^2}{SG}$$

$$de = 0,508 \times De^2 \times (SG)$$

Keterangan :

de = Loading density (kg/m)

De = Diameter lubang ledak (inch)

SG = Berat Jenis bahan peledak

Berat bahan peledak dalam satu lubang ledak

E = PC × de (kg)

h. Powder factor (PF)

$$Pf = \frac{W}{E}$$

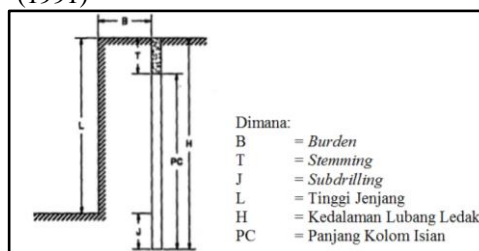
Keterangan :

Pf = Powder factor (ton/kg)

W = Berat batuan yang diledakkan (ton)

E = Berat bahan peledak yang digunakan (kg)

2. Geometri peledakan menurut C.J Konya,dkk (1991)



Gambar 3.

Simbol Desain Peledakan (Konya,dkk., 1991)

a. Burden (B)

Burden yaitu jarak tegak lurus terpendek antara muatan bahan peledak dengan bidang bebas terdekat atau kearah mana pelembaran batuan akan terjadi. Jarak burden yang terlalu kecil akan menghasilkan bongkaran yang terlalu hancur dan tergeser jauh dari dinding jenjang kemudian kemungkinan terjadinya flyrock akan sangat besar. Sedangkan jika jarak burden terlalu besar akan menghasilkan fragmetasi produk yang kurang baik, karena gelombang tekan yang mencapai bidang bebas menghasilkan gelombang tarik yang sangat lemah di bawah kuat tarik batuan, sehingga batuan dalam area burden tidak hancur. Besarnya burden tergantung dari karakteristik batuan, karakteristik bahan peledak dan diameter lubang ledak. Secara sistematis besarnya burden dan hubungannya dengan faktor-faktor tersebut dinyatakan sebagai berikut :

$$- B = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33}$$

$$- B = \left(\left(\frac{2 \times SGe}{SGr}\right) + 1,50\right) \times De$$

$$- B = 0,67 \times De \times \left(\frac{Stv}{SGr}\right)^{0,33}$$

Keterangan:

B = Burden (ft)

De = Diameter lubang ledak (inch)

SGe = Specific Gravity bahan peledak

SGr = Specific Gravity batuan

Stv = Relative bulk strength (ANFO = 100)

Setelah diketahui nilai *burden* dasarnya, maka harus dikoreksi terhadap beberapa faktor penentu, yaitu faktor jumlah baris lubang ledak (Kr), faktor posisi lapisan batuan (Kd), dan faktor kondisi dari struktur geologinya (Ks). Besarnya faktor-faktor tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1.

Faktor Koreksi Terhadap Jumlah Baris dalam Lubang Ledak(Konya,dkk., 1991)

Corection for Number of Row	Kr
One or two rows of holes	1,00
Third and subsequent rows or buffer blast	0,90

Tabel 2.

Faktor Koreksi Terhadap Posisi Lapisan Batuan



(Konya,dkk., 1991)

<i>Correction for rock deposition</i>	Kd
<i>Bedding steeply dipping into cut</i>	1,18
<i>Bedding steeply dipping into face</i>	0,95
<i>Other cases of deposition</i>	1,00

Tabel 3.

Faktor Koreksi Terhadap Struktur Geologi (Konya,dkk., 1991)

<i>Correction for rock geology structure</i>	Ks
<i>Heavy crack, frequent with joint, weakly cemented layer</i>	1,30
<i>Thin well cemented layers with tight joint</i>	1,10
<i>Massive intact rock</i>	0,95

Secara sistematis persamaan burden terkoreksi dapat ditulis :

$$B_c = B \times K_r \times K_d \times K_s$$

Keterangan :

$B_c$  = Burden terkoreksi (ft)

$B$  = Burden hasil perhitungan dengan rumus dasar (ft)

$K_r$  = Faktor koreksi terhadap jumlah baris lubang ledak

$K_d$  = Faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan

$K_s$  = Faktor koreksi terhadap struktur geologi setempat

b. *Spacing (S)*

*Spacing* adalah jarak antara lubang ledak dalam satu garis yang sejajar dengan bidang bebas. Jarak *spacing* yang terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi yang tidak baik dan dinding akhir yang ditinggalkan relatif tidak rata, sebaliknya bila *spacing* terlalu kecil dari jarak burden maka akan mengakibatkan tekanan sekitar *stemming* yang lebih dan mengakibatkan gas hasil ledakan dihamburkan ke atmosfer diikuti dengan suara bising (*noise*).

Menentukan jarak *spacing* didasarkan pada jenis detonator listrik yang digunakan dan berapa besar perbandingan antara tinggi jenjang dan jarak *burden*. Bila perbandingan antara  $L/B$  lebih kecil dari 4 maka digolongkan jenjang rendah dan bila lebih besar dari 4 maka digolongkan jenjang tinggi (lihat Tabel 4.).

Tabel 4.

Persamaan Untuk Menentukan Jarak *Spacing* (Konya,dkk., 1991)

Tipe Detonator	$\frac{L}{B} < 4$	$\frac{L}{B} > 4$
<i>Instantaneous</i>	$S = \frac{(L + 2B)}{3}$	$S = 2B$
<i>Delay</i>	$S = \frac{(L + 7B)}{8}$	$S = 1,4B$

c. *Stemming (T)*

Menurut Konya,dkk (1991) *stemming* adalah jarak yang mengacu pada bagian atas lubang ledak yang

normalnya diisi dengan material untuk membatasi gas eksplosif.

*Stemming* yang terlalu pendek dapat mengakibatkan *flyrock* dan suara ledakan yang keras sedangkan *stemming* yang terlalu panjang akan mengakibatkan retakan ke belakang jenjang (*backbreak*) dan bongkah di sekitar dinding jenjang. Secara teoritik panjang *stemming* sama dengan panjang *burden*, agar tekanan kearah bidang bebas atas dan samping seimbang. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jarak *stemming* adalah :

$$T = 0,7 \times B$$

Keterangan :

$T$  = *Stemming* (ft)

$B$  = *Burden* (ft)

d. *Subdrilling (J)*

*Subdrilling* adalah panjang lubang ledak yang berada di bawah garis lantai jenjang. *Subdrilling* berfungsi untuk membuat lantai jenjang relatif rata setelah peledakan. Adapun persamaan untuk mencari jarak *subdrilling* adalah sebagai berikut :

$$J = 0,3 \times B$$

Keterangan :

$J$  = *Subdrilling* (ft)

$B$  = *Burden* (ft)

e. Kedalaman lubang ledak (H)

Kedalaman lubang ledak dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$H = \frac{(L+J)}{\sin \alpha}$$

Keterangan :

$H$  = Kedalaman lubang ledak (m)

$L$  = Tinggi jenjang (m)

$J$  = *Subdrilling* (m)

$\alpha$  = Sudut kemiringan lubang ledak yang diinginkan

f. *Charge Length (PC)*

*Charge length* merupakan panjang kolom isian bahan peledak.

Persamaan :

$$PC = H - T$$

Keterangan :

$PC$  = Panjang kolom isian (m)

$H$  = Kedalaman lubang ledak (m)

$T$  = *Stemming* (m)

g. *Loading Density (de)*

Untuk menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam setiap lubang ledak maka terlebih dahulu ditentukan *loading density*. Rumus *loading density* sebagai berikut :

$$de = 0,34 \times SGe \times De^2$$

Keterangan :

$de$  = *Loading density*, lb handak/ft kolom isian

$De$  = Diameter lubang ledak (*inch*)

$SGe$  = *Spesific Gravity* bahan peledak yang dipakai

Untuk menentukan banyaknya bahan peledak pada setiap lubang digunakan rumus :

$$E = P_c \times de \times N$$

Keterangan :

$E$  = Jumlah bahan peledak (kg)

Pc = Tinggi kolom isian (m)  
 de = Loading density (kg/m)  
 N = Jumlah lubang ledak

f. Powder Factor (PF)

Powder factor adalah suatu bilangan yang menyatakan perbandingan antara penggunaan bahan peledak terhadap jumlah material yang diledakkan atau dibongkar dalam kg/m<sup>3</sup>.

$$PF = \frac{E}{V} = \frac{de \times PC \times n}{V}$$

Keterangan :

PF = Powder factor (kg/m<sup>3</sup>)  
 V = Volume batuan yang diledakkan (m<sup>3</sup>)  
 n = Jumlah lubang ledak  
 PC = Panjang kolom isian bahan peledak (m)  
 de = Loading density (kg/m)

e. Waktu Tunda

Pemakaian detonator tunda dimaksudkan untuk mendapatkan perbedaan waktu peledakan antara dua lubang ledak sehingga diperoleh peledakan secara beruntun. Pengaturan waktu ini dapat diterapkan pada peledakan beruntun dalam tiap-tiap baris. Persamaan yang digunakan untuk menentukan waktu tundanya adalah sebagai berikut :

$$tr = Tr \times B$$

Keterangan :

tr = Waktu tunda antar lubang ledak (ms)  
 Tr = Konstanta waktu antar baris (Tabel 5.)  
 B = Burden (ft)

Tabel 5.  
Interval Waktu Antar Baris

Akibat yang dihasilkan	Konstanta Tr
Keras, <i>airblast</i> berlebihan, <i>back break</i> , dll	2
Runtuhan tinggi dekat jenjang, <i>airblast</i> moderate	2-3
Tinggi runtuhan cukup, <i>airblast</i> dan <i>back break</i> cukup	3-4
Runtuhan berpecah dengan <i>back breaker</i>	4-6
<i>Casting</i> peledakan	7-14

3. Rumusan untuk menentukan geometri peledakan menurut ICI-Explosive.

Tiap parameter geometri peledakan ditentukan oleh nilai diameter lubang ledak (d), Sebagai berikut:

a. Burden (B)  
 $B = 25d - 40d$

b. Spacing (S)  
 $S = 1B - 1,5B$

c. Stemming (T)  
 $T = 20d - 30d$

d. Tinggi Jenjang (H)  
 $H = 60d - 140d$

(Rhido dan Gusman, 2019)

### Fragmentasi Batuan Dengan Menggunakan Metode Kuz-Ram

Model Kuz-Ram merupakan gabungan dari dua

persamaan, yaitu persamaan *Kuznetsov* untuk menentukan ukuran fragmentasi rata-rata ( $\bar{X}$ ) dan persamaan *Rossin-Rammles* untuk menentukan persentase distribusi material (R). *Kuznetsov* (1973) telah melakukan penelitian pengukuran fragmentasi dan menghasilkan suatu persamaan yang dikenal dengan persamaan *Kuznetsov*, yaitu:

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

Keterangan:

$\bar{X}$  = Ukuran rata-rata fragmentasi batuan (cm)  
 A = Faktor Batuan,  
 1 (*extremely weak rock*)  
 7 (*medium rock*)  
 10 (*hard, highly fissure rock*)  
 13 (*hard, weakly fissure rock*)

V = Volume batuan terbongkar (B x S x H)

Q = Berat bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

Kemudian, *Kuznetsov* memodifikasi persamaan tersebut dengan menggunakan TNT sebagai pembandingnya, menjadi :

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

Keterangan :

E = Relatif Weight Strength (ANFO=100 TNT=115)

Dalam model persamaan *Kuznetsov*, Indeks Kemampuledakan (*Blasting Index*, BI) digunakan untuk mengoreksi perhitungan Indeks Keseragaman/*Cunningham Lily* (1986) memberikan suatu cara penentuan faktor batuan (*rock factor*, RF) yang relatif lebih presisi dari pada penggolongan faktor batuan di atas. Nilai faktor yang didapatkan dari indeks kemampuledakan (BI) batuan yang bersangkutan. Persamaan yang memberikan hubungan antara faktor batuan dengan indeks kemampuledakan menurut Lily (1986) adalah sebagai berikut :

$$RF = 0,12 \times BI$$

Nilai dari indeks kemampuledakan ditentukan dari penjumlahan bobot nilai lima parameter yang diberikan oleh Lily, yaitu *rock mass descriptio* (RMD), *joint plane spacing* (JPS), *joint plane orientation* (JPO), *specific gravity influence* (SGI), dan *hardness* (H).

Untuk menentukan fragmentasi batuan hasil peledakan, digunakan persamaan *Rosin-Rammler*. Kurva *Rosin-Rammler* secara umum telah diakui sebagai rujukan penggambaran tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan. Suatu titik pada kurva tersebut, yaitu ukuran mesh dengan 50% kelolosan diberikan oleh persamaan *Kuznetsov* (1973). Persamaan *Rosin-Rammler* sebagai berikut :

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

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

Keterangan:

Xc = Karakteristik ukuran (cm)

$\bar{X}$  = Ukuran fragmentasi rata-rata (cm)

Rx = Persentase material yang tertahan pada ayakan x (%)

X = Ukuran ayakan (cm)

n = Indeks keseragaman

Besarnya nilai indeks keseragaman (n) didapatkan dengan persamaan yang telah dikembangkan oleh *Cunningham*, yaitu sebagai berikut:

$$n = \left(2,2 - 14 \frac{B}{De}\right) x \left(\frac{1+A}{2}\right)^{0,5} x \left(1 - \frac{W}{B}\right) x \left(\frac{PC}{L}\right)$$

Keterangan:

n = Indeks keseragaman

B = *Burden* (m)

De = Diameter lubang ledak (mm)

A = Nisbah *spacing* dan *burden* (A=S/B)

W = Standar deviasi pengeboran

PC = Panjang kolom isian (m)

L = Tinggi jenjang (m)

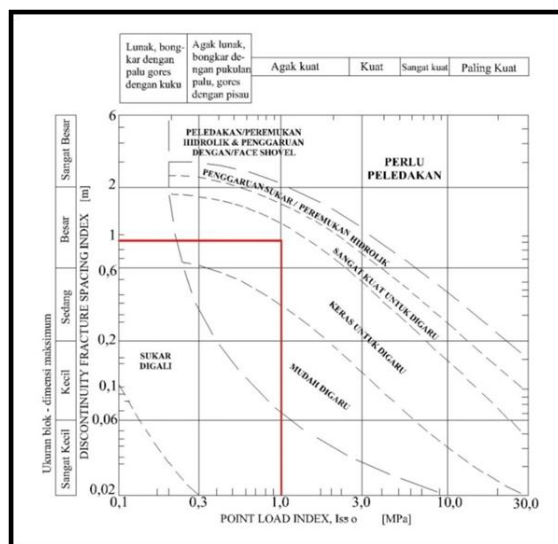
Kombinasi dari persamaan *Kuznetsov* dan *Rossin-Rammler* telah dikenal sebagai Model Fragmentasi *Kuz-Ram*. Dalam penerapan model ini, terdapat batasan-batasan tertentu yang harus diperhatikan (*Cunningham*, 1983). Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Penerapan nisbah *spacing* dan *burden* untuk pengeboran, pada waktutunda tidak boleh lebih dari dua.
- 2) Penyalaan dan pengaturan waktu tunda peledakan harus disusun sedemikian rupa, sehingga didapatkan hasil peledakan (fragmentasi) yang baik, dan tidak terjadi *misfire*.
- 3) Perlu dilakukannya penyelidikan terhadap lubang ketidakterusan secara teliti. Hal ini disebabkan karena tingkat fragmentasi sangat bergantung pada bidang ketidakterusan, khususnya pada bidang kemenurunan yang lebih rapat dibandingkan dengan pola pengeborannya (*Koesnaryo*, 2011).

### III. HASIL

#### Karakteristik Massa Batuan

Berdasarkan data karakteristik massa batuan dari hasil uji laboratorium oleh PT. Semen Padang (lihat Lampiran E), lapisan batugamping memiliki nilai kuat tekan 23,97 MPa. Berdasarkan persamaan UCS = 23Is, maka nilai *point load index* lapisan adalah 1,04217 MPa. Selain itu, berdasarkan hasil pengolahan data kekar (lihat Lampiran B), didapat rata-rata *spacing* kekar 0,84 m, sehingga termasuk lapisan dengan *spacing* kekar sedang. Berdasarkan grafik kriteria kemampugaruan *Pettifier & Fookes* (1994) yang terdapat pada Gambar 4.1, lapisan batugamping termasuk golongan keras untuk digaru, namun tidak membutuhkan peledakan.



Gambar 4.

Grafik Kriteria Kemampugaruan (Pettifier & Fookes, 1994)

Alasan utama dilakukannya peledakan untuk membongkar lapisan tersebut adalah untuk menghemat biaya dan meningkatkan efisiensi waktu. Walaupun lapisan batuan dapat dibongkar dengan menggunakan metode penggaruan, batuan tetap dibongkar dengan metode peledakan dengan alasan tersebut.

#### Geometri Peledakan

Data geometri peledakan aktual di lokasi penelitian adalah sebagai berikut (lihat Tabel 6.)

Tabel 6.

Geometri Peledakan Aktual

Tanggal Peledakan	B (m)	S (m)	H (m)	T (m)	PC = H-T (m)
19 April 2021	3,52	2,72	10,14	4	6,14
20 April 2021	3,71	2,86	5,98	3	2,98
20 April 2021	3,46	2,63	9,81	3,5	6,31
21 April 2021	3,77	3,64	9,33	4	5,33
22 April 2021	3,80	3,69	10,85	4	6,85
23 April 2021	3,86	3,75	11,09	4	7,09
23 April 2021	3,61	3,56	9,55	4	5,55
26 April 2021	3,84	3,78	10,98	3	7,98
26 April 2021	2,58	3,75	5,87	3	2,87
27 April 2021	2,44	3,59	10,27	4	6,27
28 April 2021	2,68	3,83	9,94	4	5,94
28 April 2021	2,61	3,78	5,93	3	2,93

Keterangan :

- B = Burden
- S = Spacing
- H = Kedalaman Lubang Ledak
- T = Stemming
- PC = Powder Charge

**Bahan Peledak**

Bahan peledak yang digunakan adalah *emulsion* tipe *DABEX 73* dengan densitas 1,2 gr/cc, energi peledakan 3,07 MJ/kg, *relative weight strength* 77, *relative bulk strength* 123, dan kecepatan detonasi 5.300 m/s. Penggunaan jumlah bahan peledak tergantung dari kedalaman lubang ledak dan rancangan peledakan.

**Metode Peledakan dan Pola Peledakan**

Metode peledakan yang digunakan adalah metode *non-elektrik* (nonel), sedangkan pola pengeboran yang digunakan adalah pola selang-seling (*staggered pattern*) dengan peledakan beruntun antar lubang. Detonator yang digunakan adalah detonator *in-hole delay* 500 ms dan *surface delay* bervariasi antara 17 ms, 25 ms, 42 ms, dan 67 ms. Untuk titik inisiasinya disambung dengan menggunakan *lead wire* yang dihubungkan ke *blasting machine*. Pola peledakan yang biasa digunakan adalah *V-cut*.

**Distribusi Fragmentasi Batuan**

- Distribusi Fragmentasi Batuan Aktual dengan *Software Split-Desktop*.

Berdasarkan dari 12 kali pengambilan data hasil peledakan, diperoleh distribusi fragmentasi batuan adalah sebagai berikut (lihat Tabel 7.)

Tabel 7.

Hasil Analisis Fragmentasi Batuan Menggunakan *Software Split-desktop*

No	Tanggal Peledakan	125 mm (%)		250 mm (%)		500 mm (%)		750 mm (%)		800 mm (%)		1000 mm (%)	
		Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos
1	19 April 2021	74,44	25,6	50,75	49,3	11,67	88,3	0	100	0	100	0	100
2	20 April 2021	51,99	48	21,93	78,1	0	100	0	100	0	100	0	100
3	20 April 2021	68,42	31,6	45,29	54,7	12,66	87,3	0	100	0	100	0	100
4	21 April 2021	93	7	77,83	22,2	41,5	58,5	13,56	86,4	10	90	1,53	98,5
5	22 April 2021	89,45	10,6	78,89	21,1	53,08	46,9	22,53	77,5	18	82	2,78	97,2
6	23 April 2021	82,94	17,1	78,51	21,5	59,8	40,2	40,09	59,9	36	64	23,94	76,1
7	23 April 2021	72,99	27	56,19	43,8	25,93	74,1	7,63	92,4	5	95	0	100
8	26 April 2021	91,91	8,09	77,82	22,2	47,95	52,1	24,52	75,5	22	78	12,98	87
9	26 April 2021	70,91	29,1	47,83	52,2	9,2	90,8	0	100	0	100	0	100
10	27 April 2021	67,02	33	57,01	43	19,08	80,9	0,86	99,1	0	100	0	100
11	28 April 2021	56,34	43,7	33,33	66,7	0	100	0	100	0	100	0	100
12	28 April 2021	74,52	25,5	43,39	56,6	6,43	93,6	0	100	0	100	0	100
Rata-rata		74,4942	25,5	55,7308	44,3	23,9417	76,1	9,09917	90,9	7,58333	92,4	3,43583	96,6

Berdasarkan analisis fragmentasi batuan menggunakan *Software Split-Desktop*, masih banyak dihasilkan fragmentasi batuan berukuran >80 cm (*boulder*) yaitu 7,58%.

- Distribusi Fragmentasi Batuan Menggunakan Metode *Kuz-Ram*

Dari hasil analisis fragmentasi batuan menggunakan metode *Kuz-Ram* (Tabel 8.) dengan geometri peledakan aktual di lapangan, didapatkan rata-rata persentase fragmentasi batuan ukuran >80 cm (*boulder*) adalah sebesar 20,35%.

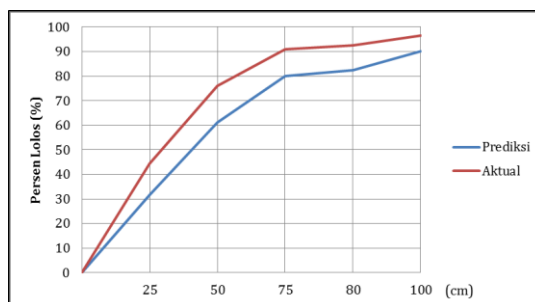
Perlu diingat bahwa hasil analisis fragmentasi batuan dengan metode *Kuz-Ram* memiliki perbedaan dengan hasil fragmentasi batuan aktual di lapangan. Hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yang dapat mempengaruhi fragmentasi batuan hasil peledakan aktual, namun tidak diperhitungkan dalam analisis fragmentasi batuan

metode *Kuz-Ram*.

Tabel 8.

Hasil Analisis Fragmentasi Batuan Menggunakan Metode *Kuz-Ram*

No	Tanggal Peledakan	R20 (%)		R40 (%)		R60 (%)		R80 (%)		R100 (%)	
		Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos	Tertahan	Lolos
1	19 April 2021	69,933	30,07	48,359	51,64	33,295	66,71	22,858	77,14	15,659	84,34
2	20 April 2021	67,379	32,62	45,921	54,08	31,429	68,57	21,568	78,43	14,831	85,17
3	20 April 2021	70,025	29,97	47,784	52,22	32,269	67,73	21,641	78,36	14,438	85,56
4	21 April 2021	69,325	30,68	50,034	49,97	36,608	63,39	27,014	72,99	20,058	79,94
5	22 April 2021	74,434	25,57	51,234	48,77	33,997	66	21,985	78,01	13,933	86,07
6	23 April 2021	75,244	24,76	51,65	48,35	33,904	66,1	21,555	78,45	13,361	86,64
7	23 April 2021	70,088	29,91	49,793	50,21	35,551	64,45	25,462	74,54	18,279	81,72
8	26 April 2021	77,601	22,4	51,806	48,19	31,714	68,29	18,166	81,83	9,8469	90,15
9	26 April 2021	70,038	29,96	44,179	55,82	26,509	73,49	15,353	84,65	8,6466	91,35
10	27 April 2021	74,144	25,86	47,26	52,74	27,751	72,27	15,293	84,71	8,0152	91,98
11	28 April 2021	73,313	26,69	48,393	51,61	30,335	69,66	18,324	81,68	10,747	89,25
12	28 April 2021	70,485	29,52	44,295	55,7	26,318	73,68	15,021	84,98	8,3046	91,7
Rata-rata		71,834	28,17	48,392	51,61	31,638	68,36	20,353	79,65	13,01	86,99



Gambar 5.

Grafik Distribusi Fragmentasi Prediksi dan Aktual

**IV. PEMBAHASAN**

**Usulan Geometri Peledakan**

Geometri peledakan secara umum meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, *powder charge*, kedalaman lubang ledak, dan *powder factor*. Dengan menggunakan geometri aktual masih didapatkan hasil fragmentasi batuan berukuran *boulder* di atas 20%. Untuk itu, dibuat usulan dengan membandingkan beberapa metode (lihat Tabel 9.) agar didapatkan geometri peledakan yang lebih tepat sehingga bisa mengurangi jumlah *boulder*.

Tabel 9.

Geometri Peledakan Perbaikan

Parameter Geometri Peledakan	Desain Secara Teoritis			Desain Perbaikan dengan Memasukkan % Deviasi
	<i>C.J.Konya</i>	<i>R.L.Ash</i>	<i>ICI Explosive</i>	
<i>Burden</i> (m)	3,12	4,38	3,43	3,46
<i>Spacing</i> (m)	3,98	4,38	3,43	3,5
<i>Stemming</i> (m)	2,18	3,06	2,86	2,5
<i>Subdrilling</i> (m)	0,94	0,88	0,94	1
Tinggi Jenjang (m)	10,00	10,06	10,06	10
Kolom Isian (m)	8,76	7,88	8,14	8,5
Kedalaman Lubang Ledak (m)	10,94	10,94	11	11
<i>Powder Factor</i> (kg/m <sup>3</sup> )	0,22	0,22	0,22	0,22

Desain geometri peledakan akhir yang diusulkan adalah desain geometri menurut teori *C.J.Konya* yang telah dihitung dengan memasukkan persen deviasi sebesar 3,51%.

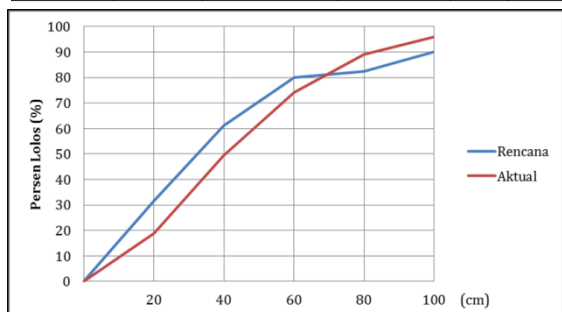
Fragmentasi batuan hasil peledakan aktual di lapangan dianalisis menggunakan *software Split-*

*Desktop* dengan menginput data berupa gambar fragmentasi batuan dari 12 kali peledakan. Rata-rata persentase kumulatif lolos 80cm dari hasil analisis *Split-Desktop* adalah 92,42%, sedangkan rata-rata persentase kumulatif lolos 80 cm dari hasil perhitungan *Kuz-Ram* dengan desain geometri aktual adalah 79,65%. Dari hasil analisis *Split-Desktop* dan perhitungan *Kuz-Ram* terdapat deviasi sebesar 13,82%, sehingga hasil geometri perbaikan yang didapatkan dari perhitungan menggunakan *Kuz-Ram* dihitung kembali dengan memasukan faktor persen deviasi yang diasumsikan sama untuk mendapatkan fragmentasi lolos 80 cm pada hasil peledakan setelah perbaikan berdasarkan analisis *Split-Desktop* yaitu 99,65% (lihat Tabel 10.).

Tabel 10.

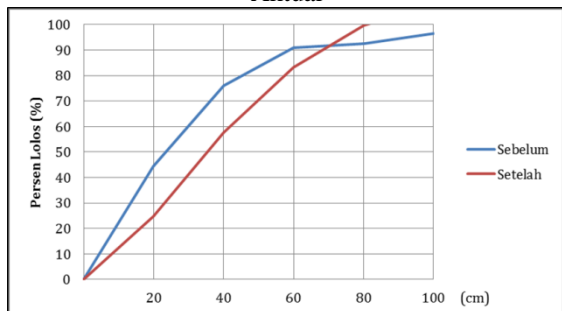
Hasil Perhitungan Fragmentasi Batuan Sebelum dan Setelah Perbaikan

Fragmentasi Batuan	Metode	Data Input	Rata-rata Persentase Kumulatif Lolos 80 cm	% Deviasi	
Sebelum Perbaikan	<i>Kuz-Ram</i>	Geometri Rancangan	82,55%	3,51%	13,82%
		Geometri Aktual	79,65%		
Setelah Perbaikan	<i>Kuz-Ram</i>	Geometri Rancangan Perbaikan	89,00%	3,51%	13,82%
		Geometri Aktual	85,88%		
Setelah Perbaikan	<i>Spli-Desktop</i>	Gambar Fragmentasi Hasil Peledakan	92,42%	3,51%	13,82%
		Gambar Fragmentasi Hasil Peledakan	99,65%		



Gambar 6.

Grafik Distribusi Fragmentasi Batuan dengan Menggunakan Geometri Rencana dan Geometri Aktual



Gambar 7.

Grafik Distribusi Fragmentasi Batuan Sebelum dan Setelah Perbaikan

Target fragmentasi yang sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan yaitu fragmentasi batuan hasil peledakan yang berukuran  $\leq 80$  cm sebesar 95-100%. Berdasarkan kriteria tersebut diperoleh rentang geometri peledakan sebagai berikut (lihat Tabel 11.):

Tabel 11.

Rentang Geometri Peledakan

Parameter	Rentang ukuran (m)
<i>Burden</i>	3,1 – 4,5
<i>Spacing</i>	3 – 4,5
Kedalaman Lubang Ledak	10 – 11,9
<i>Stemming</i>	2,5

Berdasarkan rentang ukuran geometri peledakan di atas, dapat diketahui bahwa penyimpangan yang dianggap masalah apabila *burden* lebih kecil dari 3,1 m atau lebih besar dari 4,5 m, *spacing* lebih kecil dari 3 m atau lebih besar dari 4,5 m dan kedalaman lubang ledak lebih kecil dari 10 m atau lebih besar dari 11,9 m.

## V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan ucapan terima kasih kepada PT. Semen Padang yang mengizinkan saya untuk melakukan tugas akhir di lokasi penambangan serta membantu menyediakan data sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan lancar. Semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa :

1. Geometri peledakan rencana dan geometri peledakan aktual di lapangan mengalami deviasi, sehingga diperoleh hasil fragmentasi batuan yang tidak sesuai dengan kriteria. Persen deviasi yang didapatkan diasumsikan sama untuk menentukan geometri perbaikan sehingga menghasilkan fragmentasi batuan yang baik.
2. Distribusi fragmentasi batuan ukuran  $\leq 80$  cm sebelum perbaikan tidak memenuhi kriteria karena masih menghasilkan boulder sebesar 7,54% sedangkan distribusi fragmentasi batuan ukuran  $\leq 80$  cm setelah perbaikan memenuhi kriteria karena boulder yang dihasilkan sebesar 0,35%.

### Saran

1. Perlu dilakukan pemantauan terhadap geometri peledakan yang diterapkan di lapangan agar sama dengan geometri peledakan yang direncanakan atau masih dalam rentang geometri yang sesuai dengan kriteria.
2. Perlu dilakukan evaluasi hasil fragmentasi batuan secara berkala agar dapat mengetahui kesalahan atau koreksi terhadap geometri

peledakan yang diterapkan.

## VII. DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R. L. (1963). *The Mechanic of Rocks Breakage* (part2) – Standard for Blasting Design. Pit & Quarry Magazine.
- Bemmelen, R. W. (1994). *The Geology of Indonesia* (Vol.1). The Hague: Government Printing Office.
- Bonewitz, R. L. (2012) : *Nature Guide Rock and Minerals*. NewYork. DK Smithsonia Publishing, hal 319.
- Cunningham, C. (2005). *The Kuz-Ram fragmentation model – 20 years on*. Brighton Conference Proceedings (pp. 201-210). Modderfontein, South Africa: African Explosives Limited.
- Fadly, M., Yulhendra, D. (2019) : *Optimalisasi Peralatan Tambang Komatsu HD 785 dan Caterpillar 6030 BH Menggunakan Metode Quality Control Circle untuk Memenuhi Target Produksi Batugamping pada PT. Semen Padang (Persero) Tbk*, Jurnal Bina Tambang, Vol. 4, No. 3, hal 341-341.
- Fookes, P. G., Dearman, W. R., Franklin, J. A. 1971. Some engineering aspects of rock weathering with field examples from Dartmoor and elsewhere. *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 4, 139–185.
- Grolier Family Encyclopedia. (1995). Academic American Encyclopedia. Danbury, Conn. : Grolier.
- Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles for Open Pit Mining*. Rotterdam, Netherlands: A.A.Balkema.
- Jimeno, C. L., Jimeno, E. L., dan Carcedo, F. J. A. (1995) : *Drilling and Blasting Of Rocks*. Rotterdam , Netherlands, A.A Blakema Publishers.
- Koesnaryo, S. (2011). *Teknik Peledakan Buku I dan II*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Koesoemadinata, R. P., dan Matasak, Th. (1981) : *Stratigrafi and Sedimentation Ombilin Basin Central Sumatera (West Sumatera Province)*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, Tenth Annual Convention, hal 218-219.
- Konya, C. J., and Walter , E. J. (1991) : *Rock Blasting and Overbreak Control*. Montville : National Highway Institute.
- Lily, P. A. (1986). *The Use of The Blastability Index in The Design of Blast For Open Pit Mines*. Newman, 421-426.
- Marin, J., Winarno, dan T., Rahmadani, U. (2019) : *Pengaruh Intrusi Basalt terhadap Karakteristik dan Kualitas Batugamping pada Quarry Bukit Karang Putih, Indarung, Padang, Sumatera Barat*, Jurnal Geosains dan Teknologi Volume 2, Nomer 3.
- Mwafulirwa, K. Y. (2014). *Methodology for Characterising the Efficacy of Blasting In Open-PIT Mines*: Portugal: Departement of Mining Engineering, Faculdade De Engenharia da Universidade Do Porto.
- PT. Semen Padang. (2007) : *Perencanaan dan Pengembangan Kuari Batukapur di Wilayah 412 Ha Terintegrasi dengan Kuari Karang Putih*. Jakarta. PT Stania Bara Utama.
- Putra, R. R., Octova, A., dan Gusman, M. (2018) : *Pemodelan Akuifer Hasil Pengukuran Resistivity Studi Kasus Kota Padang*. Padang. Universitas Negri Padang.
- Rieshapsari, A. M., Mafakhir, M. Z., Rieziq, N.M., Adila, S. N., Putri, T. A., Sasongko, dan W., Jalaludin, M. (2020) : *Potensi Sumber Daya Mineral Logam dan Non Logam di Provinsi Sumatera Barat*, Jurnal Georafflesia Vol : 5, No : 1, hal 89.
- Saptono, S. (2006) : *Teknik Peledakan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan. Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Terasvarasa, M. (2006). *Surface Drilling in Quarry and Construction*. Fagersta,Sweden: Atlas Copco 3th Edition.