

**EVALUASI GEOMETRI PELEDAKAN OVERBURDEN UNTUK
MENDAPATKAN FRAGMENTASI IDEAL DI PT. TAMBANG RAYA
USAHA TAMA (TRUST) KUTIM, KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



OLEH ;

MUHAMAD DARMAWAN

NIM. 15137016

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

**Evaluasi Geometri Peledakan Overburden Untuk Mendapatkan
Fragmentasi Ideal Di Pt. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) Kutim,
Kalimantan Timur**

Nama : Muhamad Darmawan
Nim/BP : 15137016/2015
Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing



Drs. Raimon Kopa, M.T NIP.
19580313 198303 1 001

**Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang**



Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 001

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Muhamad Darmawan
Nim/BP : 15137016/2015
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahakan Skripsi di Depan Tim Penguji
Program Studi S1 Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

Dengan Judul :

**Evaluasi Geometri Peledakan Overburden Untuk Mendapatkan
Fragmentasi Ideal Di PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) Kutim,
Kalimantan Timur**

Padang, 28 Agustus 2022

Tim Penguji:

Tanda Tangan

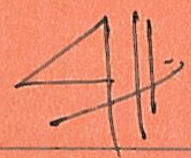
1. Ketua : Drs. Raimon Kopa, M.T

1. 

2. Anggota : Tri Gamela Saldy, S.T.,M.T

2. 

3. Anggota : Riko Maiyudi, M.T

3. 



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Darmawan

NIM/TM : 15137016 <2015>

Program Studi : S1 Teknik Pertambangan

Departemen : Teknik Pertambangan

Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

"Evaluasi Geometri Peledakan Overburden untuk Mendapatkan
Fragmentasi Ideal di P.T Tambong Raya Uroha Toma
<TRUST> Kulim, Kalimantan Timur

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 25 Agustus 2022

yang membuat pernyataan,

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Teknik Pertambangan

Dr. Fadhilah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19721213 200012 2 001



Muhamad Darmawan

BIODATA

I. Data Diri

Nama Lengkap	: Muhamad Darmawan
Tempat/ Tanggal Lahir	: Jakarta/ 10 Juli 1997
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Nama Ayah	: Syafrizal
Nama Ibu	: Syaftimar
Jumlah Saudara	: 3 (Tiga)
Alamat Tetap	: Jorong Semabayan, Tanjuang Bonai, Kec. Lintau Buo Utara, Kab. Tanah Datar



II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar	: SD Negeri 35 Pincuran VI
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Negeri 3 Lintau
Sekolah Menengah Atas	: SMA Negeri 1 Lintau
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Padang

III. Tugas Akhir

Tempat Penelitian	: PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST)
Tanggal Penelitian	: September 2019
Tema Penelitian	: “Evaluasi Geometri Peledakan overburden Untuk Mendapatkan Fragmentasi Ideal Di PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) Kutim, Kalimantan Timur”.

Padang, Agustus 2022

Muhamad Darmawan
15137016/2015

ABSTRAK

Evaluasi Geometri Peledakan Overburden Untuk Mendapatkan Fragmentasi Ideal Di PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) Kutim, Kalimantan Timur

Muhamad Darmawan[1] *Raimon Kopa*[2]
Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
muhamaddarmawan070@gmail.com

Pertambangan Batubara PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) dengan sistem penambangan terbuka. Pada pit alternatif 3 terdapat bongkahan atau *boulder* 100 cm dengan persentase lebih kurang 40%. Sedangkan target fragmentasi di perusahaan 20%. Jadi Bongkahan yang dihasilkan dari proses peledakan akan membuat pemuatan tanah penutup menjadi terganggu. Nilai *digging time* pada *Excavator Hitachi PC 2500* yang terlalu lama tentu akan mengakibatkan produktivitas alat gali muat terganggu. Adapun rata-rata *digging time* dari alat gali muat *Excavator Hitachi PC 2500* terhadap material hasil peledakan dari kegiatan peledakan aktual yaitu ± 15 detik (*CTM*). *Digging time* ini masih jauh dari waktu *digging time* standar yang ditetapkan perusahaan yaitu berada dikisaran 10 – 12 detik.

Metode penelitian dilakukan dengan rancangan geometri peledakan berdasarkan metode R L Ash, Konya, dan ICI Explosive. Hasil analisis distribusi fragmentasi menggunakan metode R.L.Ash dengan distribusi fragmentasi ukuran 100 cm yang tertahan 5% dengan powder faktor 0,56 kg/bcm. Metode C.J Konya dengan distribusi fragmentasi ukuran 100 cm yang tertahan 8 % dengan powder faktor 0,50 kg/bcm. Metode ICI Explosive dengan distribusi fragmentasi ukuran 100 cm yang tertahan 7% dengan powder faktor 0,40 kg/bcm. berdasarkan hasil konsultasi dengan perusahaan distribusi fragmentasi ukuran 100 cm yang tertahan 19% dengan powder faktor 0,28 kg/bcm.

Dari semua metode tersebut, maka metode yang optimal untuk geometri peledakan agar mendapatkan distribusi fragmentasi yang sesuai kebutuhan perusahaan, yaitu geometri peledakan berdasarkan hasil konsultasi dengan perusahaan. Hal ini dilihat dari hasil *powder faktor* yang tidak terlalu besar dan juga fragmentasi batuan yang didapat sesuai dengan target dari perusahaan.

Kata Kunci : C.J Konya, *Digging Time*, Fragmentasi, ICI Explosive, *Overburden*, R.L. Ash.

ABSTRACT

Evaluasi Geometri Peledakan Overburden Untuk Mendapatkan Fragmentasi Ideal Di PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) Kutim, Kalimantan Timur

Muhamad Darmawan[1] *Raimon Kopa*[2]
Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
muhamaddarmawan070@gmail.com

Coal Mining PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) with an open-pit mining system. In alternative pit 3 there are 100 cm chunks or boulder with a percentage of $\pm 40\%$. While the target for fragmentation in the company is 20%. So the boulders resulting from the blasting process will disrupt the loading of the overburden. The value of digging time on the Hitachi PC 2500 Excavator that is too long will certainly cause the productivity of the digging tool to be disrupted. The average digging time of the Hitachi PC 2500 Excavator on the material resulting from blasting from the actual blasting activity is ± 15 seconds (CTM). This digging time is still far from the standard digging time set by the company, which is in the range of 10 – 12 seconds.

The research method was carried out with a blasting geometry design based on the R L Ash, Konya, and ICI Explosive methods. The results of the analysis of the fragmentation distribution using the R.L.Ash method with a fragmentation distribution of 100 cm in size retained 5% with a powder factor of 0.56 kg/bcm. The C.J Konya method with a fragmentation distribution of 100 cm in size retained 8% with a powder factor of 0.50 kg/bcm. The ICI Explosive method with a fragmentation distribution of 100 cm in size retained 7% with a powder factor of 0.40 kg/bcm. based on the results of consultations with the distribution company, the fragmentation size of 100 cm was retained 19% with a powder factor of 0.28 kg/bcm.

Of all these methods, the optimal method for blasting geometry is to obtain a fragmentation distribution that suits the company's needs, namely the blasting geometry based on the results of consultations with the company. This can be seen from the results of the powder factor which is not too large and also the rock fragmentation obtained in accordance with the company's target.

Keywords: C.J Konya, Digging Time, Fragmentation, ICI Explosive, Overburden, R.L. Ash.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Faktor Finansial dan Faktor Non Finansial Terhadap Kinerja Keuangan Pemerintahan Desa”. Shalawat dan salam semoga terlimpahkan ke hadirat Nabi Muhammad ﷺ beserta keluarga dan sahabatnya yang telah memberikan teladan terbaik bagi manusia menuju kebaikan.

Dalam penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan dan dorongan serta kemudahan dari berbagai pihak. Terima kasih kepada kedua orang tua penulis, yang selama ini telah memberikan do'a, semangat, serta dorongan demi kelancaran penulisan skripsi ini.

Banyak pihak yang berperan dalam proses perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini, untuk itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Fadhilah, S.Pd, M.Si selaku ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Raimon Kopa, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Tri Gamela Saldy, S.T.,M.T dan Bapak Riko Maiyudi, M.T selaku Dosen penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan saran membangun, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Staff dan Tenaga Pengajar Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

5. Teristimewa penulis persembahkan kepada keluarga tercinta Ibu Syaftimar Bapak Syafrizal, Uda Syafrianto, S.E., kakak Nelly Suryani dan Adek Reza Ananda dimana telah banyak memberikan do'a dan bantuan moril serta materil pada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Elmiza, S.E yang selalu menolong, memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
7. Rekan-rekan Ryan Markah, Rido Agustin, S.T., Alvi Zichri, S.T., dan Akbar Wahyu Pratama, S.T.
8. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang membantu sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka dari itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan dan mengharap saran dari pembaca. Harapannya, semoga skripsi ini dapat dijadikan salah satu rujukan/pelajaran dalam penulisan skripsi yang lebih baik lagi. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Padang, 25 Agustus 2022



Muhamad Darmawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORI, KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS	8
A. Kajian Pustaka	8
B. Penelitian Relevan.....	41
C. Kerangka Konseptual	47
BAB III METODE PENELITIAN	49
A. Jenis Penelitian	49
B. Lokasi dan Jadwal Penelitian	52
C. Diagram Alir	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	54
A. HASIL PENELITIAN	54
B. PEMBAHASAN	83

BAB V PENUTUP	98
A. Kesimpulan	98
B. Saran.....	99
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1 Skala <i>Mohs</i>	11
Tabel 2 Klasifikasi Jarak Antar Bidang Lemah	12
Tabel 3 Perbandingan Lubang Ledak Tegak dan Miring	15
Tabel 4 Pembobotan Masa Batuan Untuk Peledakan	25
Tabel 5 Faktor Efisiensi Kerja	40
Tabel 6 Interpretasi nilai Koefisien Determinasi (R^2).....	41
Tabel 7 Rencana Jadwal Kegiatan	52
Tabel 8 Geometri Peledakan aktual 2 Agustus 2019	56
Tabel 9 Geometri Peledakan Aktual 9 Agustus 2019	59
Tabel 10 Geometri Peledakan Aktual 10 Agustus 2019	61
Tabel 11 Geometri Peledakan Aktual 14 Agustus 2019	64
Tabel 12 Geometri Peledakan Aktual 18 Agustus 2019	66
Tabel 13 Geometri Peledakan Aktual 19 Agustus 2019	69
Tabel 14 Geometri Peledakan Aktual 20 Agustus 2019	71
Tabel 15 Geometri Peledakan Aktual PT. TRUST	74
Tabel 16 Parameter Statistik Distribusi Ukuran Fragmentasi Peledakan (% Lolos) Dengan Software <i>Split Dekstop</i>	75
Tabel 17 Pengaruh Burden Terhadap Fragmentasi Batuan 100 cm.....	77
Tabel 18 Pengaruh Spasi Terhadap Fragmentasi Batuan 100 cm.....	77
Tabel 19 Pengaruh Stemming Terhadap Fragmentasi Batuan 100 Cm	78
Tabel 20 Pengaruh Kedalaman Lubang Ledak Terhadap Fragmentasi Batuan 100 cm	79
Tabel 21 Pengaruh <i>Powder Factor</i> Terhadap Fragmentasi Batuan 100 Cm	80
Tabel 22 Pengaruh Tinggi Jenjang Terhadap Fragmentasi Batuan 100 Cm.....	80
Tabel 23 Hasil Analisis Korelasi Pengaruh Geometri Peledakan Terhadap Hasil Fragmentasi Batuan 100 Cm	81
Tabel 24 <i>Digging time</i> aktual terhadap hasil fragmentasi.....	83
Tabel 25 Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Teori R.L. Ash	84

Tabel 26	Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-Ram</i>	85
Tabel 27	Hasil Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-ram</i>	85
Tabel 28	Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Teori C. J Konya ...	86
Tabel 29	Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-Ram</i>	87
Tabel 30	Hasil Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-Ram</i>	88
Tabel 31	Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Teori Ici Explosive	89
Tabel 32	Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-Ram</i>	90
Tabel 33	Hasil Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-Ram</i>	90
Tabel 34	Hasil Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Perusahaan.	91
Tabel 35	Rancangan Usulan Geometri Peledakan Menurut Perusahaan.....	92
Tabel 36	Perhitungan Fragmentasi Hasil Peledakan Berdasarkan Rumusan <i>Kuz-Ram</i>	93
Tabel 37	Analisis Geometri Peledakan Usulan.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1 <i>loading Excavator Hitchi PC 2500</i> pada bongkahan batuan.....	4
Gambar 2 Fragmentasi batuan.....	4
Gambar 3 Orientasi Bidang Diskontinuitas.....	13
Gambar 4 Pola Pemboran <i>Square Pattern</i> dan <i>Rectangular</i>	14
Gambar 5 Perbandingan Lubang Ledak Tegak dan Miring	14
Gambar 6 Pola Peledakan Berdasarkan Arah Reruntuhannya	19
Gambar 7 Grafik Kemampuan Galian.....	21
Gambar 8 Kerangka Konseptual.....	48
Gambar 9 Kondisi Lapangan	50
Gambar 10 Fragmentasi Batuan Aktual di Lapangan	50
Gambar 11 Kondisi Lokasi Peledakan	54
Gambar 12 Alat Pemboran Pada Peledakan	55
Gambar 13 Foto Fragmentasi di Pit Alt 3.....	57
Gambar 14 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	57
Gambar 15 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	59
Gambar 16 Foto Fragmentasi di Pit Alt 3.....	59
Gambar 17 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	60
Gambar 18 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	60
Gambar 19 Foto Fragmentasi di Pit Alt 3.....	62
Gambar 20 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	62
Gambar 21 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	63
Gambar 22 Foto Fragmentasi di Pit Alt 3.....	64
Gambar 23 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	65
Gambar 24 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	65
Gambar 25 Foto Fragmentasi di Pit Alt 3.....	67
Gambar 26 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	67
Gambar 27 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	68
Gambar 28 Foto Fragmentasi di Pit Alt 3.....	69
Gambar 29 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	70

Gambar 30 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	70
Gambar 31 Foto Fragmentasi di Pit Timur.....	72
Gambar 32 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	72
Gambar 33 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	73
Gambar 34 Kurva Persentase Pengaruh Burden Terhadap Fragmentasi Batuan.....	77
Gambar 35 Kurva Persentase Pengaruh Fragmentasi Dengan Spasi..	78
Gambar 36 Kurva Persentase Pengaruh Fragmentasi Dengan Stemming.....	78
Gambar 37 Kurva Persentase Pengaruh Fragmentasi Dengan Panjang Kolom Isian.....	79
Gambar 38 Kurva Persentase Pengaruh Fragmentasi Dengan <i>powder factor</i>	80
Gambar 39 Kurva Persentase Pengaruh Fragmentasi Dengan Tinggi Jenjang	81
Gambar 40 Foto Fragmentasi di Pit Alternatif 3	96
Gambar 41 Proses Analisis <i>Splitdesktop</i>	96
Gambar 42 Hasil Analisis <i>Splitdesktop</i>	97

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Tambang terbuka adalah metode penambangan yang segala kegiatan atau aktivitas penambangannya dilakukan relative dekat dengan permukaan bumi, dan tempat kerjanya berhubungan langsung dengan udara luar. Pada tambang terbuka batubara dilakukan pengupasan *overburden* untuk mendapatkan batubara yang akan ditambang. Kegiatan pengupasan *overburden* tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara, yakni dengan cara digging, ripping, dan peledakan tergantung kekerasan *overburden* tersebut.

Biasanya sifat batuan *overburden* relative keras sehingga tidak dapat digali secara langsung. Dengan berkembangnya teknologi, ditemukan solusi untuk memberaikan batuan tersebut yaitu dengan proses peledakan.

Peledakan merupakan kegiatan penambangan atau pemberaian batuan, menggunakan bahan kimia tertentu yang dapat menciptakan suatu ledakan. Kegiatan peledakan dilakukan apabila material yang akan digali sulit dilakukan secara mekanis atau dengan alat mekanis, sehingga material tersebut perlu diberaikan terlebih dahulu untuk memudahkan kegiatan yang akan dilakukan selanjutnya (pemuatan dan pengangkutan). Kegiatan peledakan dapat diterapkan pada berbagai jenis bahan galian, contohnya peledakan pada *Overburden*. Kegiatan peledakan pada tambang *overburden* bertujuan untuk melepaskan batuan dari massa batuan induknya. Sedangkan untuk tambang batubara, peledakan tidak hanya diterapkan pada lapisannya saja melainkan

pada lapisan penutup (*overburden*) di atasnya. Namun perlu diperhatikan peledakan pada batu bara dapat menyebabkan terbakarnya batu bara tersebut. Peledakan tidak hanya dilakukan begitu saja demi mendapatkan bahan galian yang diinginkan, tetapi diperlukan teknik peledakan yang baik, ekonomis, efisien dan ramah lingkungan sehingga perolehan bahan galian ini dapat menutupi biaya operasi termasuk biaya pemindahan

Kegiatan peledakan *Overburden* juga diterapkan oleh PT. Tambang Raya Usaha Tama (PT TRUST). Selain untuk memberai *overburden*, peledakan ini juga bertujuan untuk mempermudah proses alat gali *Excavator Hitachi PC 2500* dan alat muat *High dump truck Komatsu 785* untuk produktivitas. Hasil dari peledakan atau *overburden* tersebut akan dibawa ke area penimbunan (*disposal*).

Tingkat fragmentasi peledakan merupakan suatu hasil yang menilai keberhasilan sebuah peledakan. Jadi semakin kecil ukuran fragmentasi batuan maka semakin baik ukuran fragmentasi yang dihasilkan untuk meningkatkan produksi pengupasan *overburden*. Faktor yang mempengaruhi fragmentasi hasil peledakan adalah karakteristik massa batuan, struktur geologi, air tanah, kemiringan lubang ledak, pola pemboran, geometri peledakan, *priming*, pola penyalaan, penggunaan bahan peledak, bidang bebas (Anonim. (2012)).

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, Peledakan pada pembongkaran tanah penutup yang dilakukan di PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) masih dikatakan belum memuaskan, hal ini dapat dilihat dari enam parameter keberhasilan peledakan yaitu fragmentasi, *digging time*,

powder factor, flyrock, ground vibration dan air blast yang belum memenuhi standar. Dari parameter keberhasilan peledakan terdapat tiga parameter yang belum memenuhi standar, diantaranya adalah fragmentasi, *digging time*, *flyrock*. Batu terbang atau disebut juga dengan flyrock merupakan fragmentasi batuan yang terlempar akibat peledakan. Fragmentasi batuan yang terlempar melebihi radius aman dapat mengakibatkan kerusakan pada alat mekanis ataupun mengakibatkan cedera bahkan kematian untuk manusia.

Pada pit alternatif 3 PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) penulis melihat bongkahan atau boulder hasil dari peledakan. Boulder adalah bongkahan batuan yang besar. Penulis menemukan hasil peledakan berupa *boulder* 100 cm dengan persentase lebih kurang 40%. Sedangkan target fragmentasi di perusahaan 20%. Jadi Bongkahan yang dihasilkan dari proses peledakan akan membuat pemuatan tanah penutup menjadi terganggu. Bongkahan yang timbul setelah proses peledakan akan memakan waktu yang lebih lama dalam pemuatannya serta membuat alat gali bekerja lebih ekstra dikarenakan harus mereduksi ukuran bongkahan agar dapat dimuat. Proses pereduksian ukuran bongkahan ini juga akan berpotensi besar membuat kontruksi bucket alat gali menjadi cepat rusak.



Gambar 1 loading Excavator Hitachi PC 2500 pada bongkahan batuan

Nilai *digging time* pada Excavator Hitachi PC 2500 yang terlalu lama tentu akan mengakibatkan produktivitas alat gali muat terganggu. Produktivitas alat gali muat yang menurun akan memberikan pengaruh terhadap produksi tanah penutup hasil peledakan, sehingga semakin kecil nilai *digging time* maka semakin besar produktivitas alat gali muat dan sebaliknya. Adapun rata-rata *digging time* dari alat gali muat Excavator Hitachi PC 2500 terhadap material hasil peledakan dari kegiatan peledakan aktual yaitu ± 15 detik (CTM). *Digging time* ini masih jauh dari waktu *digging time* standar yang ditetapkan perusahaan yaitu berada dikisaran 10 – 12 detik.



Gambar 2 Fragmentasi batuan

Berdasarkan permasalahan diatas, maka diajukanlah geometri peledakan usulan baru yang diharapkan dapat mengurangi fragmentasi batuan hasil

peledakan dan mengurangi waktu menggali material hasil peledakan (*digging time*) oleh alat gali muat sehingga *bucket fill factor* alat gali muat dapat meningkat dan target produktivitas alat gali muat bisa tercapai.

Berdasarkan permasalahan sebagaimana dijelaskan diatas, penulis tertarik untuk meneliti dengan judul **“Evaluasi Geometri Peledakan Overburden Untuk Mendapatkan Fragmentasi Ideal Di Pt. Tambang Raya Usaha Tama (Trust) Kutim, Kalimantan Timur”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, penulis menarik suatu identifikasi masalah yaitu :

1. Hasil peledakan pada PT. Tambang Raya Usaha Tama (TRUST) menghasilkan banyak *boulder* dan bongkahan yang dapat menurunkan produktivitas *excavator Hitachi PC 2500* pengupas *overburden*.
2. Persentase *boulder* hasil peledakan lebih kurang 40%.
3. Besarnya persentase *boulder* mempengaruhi *diggability* alat gali muat sehingga nantinya dapat mempengaruhi ketercapaian target produksi alat gali muat.
4. Ditemukan *digging time* alat gali muat yang tidak sesuai standar (10-12 detik) dengan rata rata 15 detik untuk *digging time* aktual di lapangan.

C. Batasan Masalah

Penulis membatasi masalah penelitian pada:

1. Penelitian hanya dilakukan di Penambangan batubara PT.TRUST (Tambang Raya Usaha Tama) pada Pit Alternatif 3.

2. Untuk perencanaan geometri peledakan usulan penulis menerapkan usulan RL. Ash, konya dan ICI Explosive.
3. Pengamatan diggability alat gali muat dilakukan terhadap *Excavator Hitachi PC 2500*
4. Memprediksi distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan menggunakan rumusan Kuznetsov-Rosin Ramler (KUZ-RAM) dan split dekstop.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana geometri dan hasil peledakan aktual berupa fragmentasi dan *digging time* alat gali muat pada PT. Tambang Raya Usaha Tama?
2. Bagaimana hubungan geometri peledakan terhadap fragmentasi hasil peledakan?
3. Bagaimana Geometri peledakan usulan yang akan di uji cobakan?
4. Bagaimana hasil fragmentasi dari uji coba geometri peledakan usulan untuk mencapai fragmentasi ideal?
5. Bagaimana perbandingan fragmentasi peledakan usulan dengan fragmentasi peledakan aktual?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mengukur fragmentasi dan *digging time* alat gali pada kegiatan peledakan aktual yang dilakukan pada PT. Tambang Raya Usaha Tama.
2. Menganalisis hubungan geometri peledakan dengan fragmentasi hasil peledakan.
3. Menganalisis Geometri peledakan usulan yang akan di uji cobakan.

4. Menganalisis hasil dari uji coba geometri peledakan untuk memperbaiki ukuran fragmentasi batuan dengan menggunakan metode Kuz-Ram dan Split Dekstop.
5. Menganalisis perbandingan geometri peledakan usulan dengan geometri peledakan aktual.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberi manfaat bagi perusahaan, peneliti dan universitas :

1. Bagi peneliti

Untuk menyelesaikan program sarjana pada jurusan teknik pertambangan Universitas Negeri Padang.

2. Bagi perusahaan

Dapat dijadikan sebagai referensi bahan pertimbangan dalam kegiatan peledakan dan memberikan rancangan geometri usulan sebagai upaya meningkatkan hasil produktivitas *Excavator Hitachi* PC 2500.

3. Bagi jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang

Dapat dijadikan referensi untuk diadakan penelitian selanjutnya bagi mahasiswa lain.

BAB II

KAJIAN TEORI, KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

A. Kajian Pustaka

1. Peledakan

Penggunaan bahan peledak untuk keperluan tertentu dengan metode sesuai prosedur disebut dengan teknik peledakan. Kegiatan peledakan yaitu suatu upaya pemberaian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak. Menurut kamus pertambangan umum, "Bahan peledak adalah senyawa kimia yang dapat bereaksi dengan cepat apabila diberikan suatu perlakuan, menghasilkan sejumlah gas bersuhu dan bertekanan tinggi dalam waktu yang sangat singkat."

Peledakan memiliki daya rusak yang bervariasi tergantung jenis bahan peledak yang digunakan dan tujuan digunakannya bahan peledak tersebut. Peledakan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, baik itu positif maupun negatif seperti untuk memenuhi tujuan politik, ideologi, keteknikan, industri dan lain-lain. Sebagai contoh bahan galian industri seperti batubara dan gamping sering kali menggunakan peledakan untuk memperoleh bahan galian tersebut, apabila dianggap lebih ekonomis dan efisien daripada penggalian bebas (*Freedigging*) maupun penggaruan (*Ripping*).

Menurut Koesnaryo (2001;1-2) menyatakan bahwa suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila:

- a. Target produksi terpenuhi.

- b. Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (yang disebut *Powder Factor*).
- c. Diperoleh fragmentasi ukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15% dari jumlah batuan yang terbongkar per-peledakan).
- d. Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, dan retakan-retakan).
- e. Dampak terhadap lingkungan terminimalisir.

Pada dasarnya proses pecahnya batuan saat peledakan mengalami beberapa tahap, seperti dimulai dengan membesarkan lubang tembak yang disebabkan oleh gelombang tarik (*Tensile Wave*) dari bahan peledak. Pada tahap selanjutnya energi ledakan akan menuju bidang bebas terdekat sambil melakukan tekanan terhadap batuan disekitarnya. Dan pada tahap terakhir, energi ledakan (*Compressive Wave*) tersebut dipantulkan kembali oleh bidang bebas dan menekan permukaan batuan dengan tekanan yang melebihi kuat tarik dari batuan tersebut, sehingga batuan menjadi pecah.

2. Faktor Yang Mempengaruhi Fragmentasi Batuan

Faktor yang berpengaruh dalam pemboran dan peledakan ada yang bersifat tidak dapat dikendalikan dan faktor yang dapat dikendalikan oleh manusia, karena proses terjadi secara alamiah. Faktor-faktor tersebut sebagai berikut :

a. Faktor Yang Tidak Dapat Dikendalikan

1) Sifat Fisik Batuan

a) *Specific Gravity Influence* (SGI)

SGI adalah sifat batuan terkait berat jenis dan porositas. Batuan dengan bobot isi kecil pada umumnya lebih mudah mengalami deformasi dan memerlukan energi peledakan yang rendah untuk pemecahannya.

b) *Hardness*

Sifat mekanis batuan yang berhubungan dengan kekuatannya adalah kuat tekan uniaksial dan kekerasan batuan. Kuat tekan uniaksial batuan merupakan ukuran kemampuan batuan untuk menahan beban atau gaya yang bekerja pada arah uniaksial. Kekerasan dapat dipakai dalam menyatakan besarnya tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada batuan.

Skala *Mosh* merupakan ukuran daya tahan mineral terhadap goresan (*Scratching*). Kekerasan relatif dari suatu mineral dapat ditetapkan dengan membandingkan mineral tersebut dengan urutan mineral yang dipakai sebagai standar kekerasan. *Mohs* telah membuat skala kekerasan mineral secara kualitatif.

Tabel 1 Skala Mohs

Kekerasan	Nama Mineral	Unsur/Senyawa Kimia	Alat Penguji
1	<i>Talc</i> (Talk)	Hydrat Magnesium Silikat	Sangat Lunak
2	<i>Gypsum</i> (Gypsum)	Hydrat Kalsium Fosfat	Tergores kuku manusia
3	<i>Calcite</i> (Kalsit)	Kalsium Karbonat	Tergores koin perunggu
4	<i>Fluorspar</i> (Fluorit)	Kalsium Flour	Tergores paku besi
5	<i>Apatite</i> (Apatit)	Kalsium Fosfat	Tergores kaca
6	<i>Feldspar</i> /Ortoklas	Alkali Silikat	Tergores pisau lipat
7	<i>Quartz</i> (Kuarsa)	Silika	Tergores pisau baja
8	<i>Topaz</i>	Alumina Silikat	Tergores amplas
9	<i>Corondum</i>	Alumina	
10	<i>Diamond</i> (Intan)	Karbon	

(Sumber : Hustrulid, 1996;107)

2) Bidang lemah massa batuan

a) *Rock Massa Description* (RMD)

RMD merupakan parameter ruang digunakan untuk menunjukkan kualitas massa batuan dengan melakukan pengamatan terhadap struktur batuan yang melakukan pengamatan terhadap struktur batuan dan hancurnya (*muckpile*). RMD dikategorikan ke dalam 3 kelas, yaitu rapuh (*powdery/friable*), struktur blok terkekarkan (*blocky*), dan sangat pejal (*totally massive*).

b) *Joint Plane Spacing* (JPS)

JPS adalah jarak tegak lurus antar dua bidang lemah yang berurutan. *Attewel* mengklasifikasikan jarak antar bidang lemah seperti terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2 Klasifikasi Jarak Antar Bidang Lemah

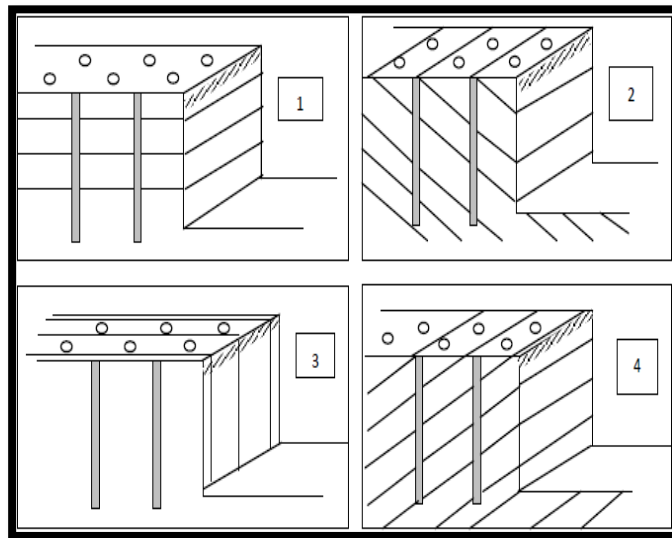
Deskripsi	Struktur Bidang	Jarak (mm)
Spasi sangat lebar	Perlapisan sangat tebal	> 2000
Spasi lebar	Perlapisan tebal	600 – 2000
Spasi moderat lebar	Perlapisan sedang	200 – 600
Spasi dekat	Perlapisan tipis	60 - 200
Spasi sangat dekat	Perlapisan sangat tipis	20 - 60
Spasi ekstrim dekat	Laminasi tipis (sedimentasi)	< 20

(Sumber : Sitanggang, 2008)

c) *Joint Plane Orientation* (JPO)

Dalam operasi peledakan, orientasi bidang lemah pada massa batuan dapat mengakibatkan hal-hal tersebut :

- (1) *Horizontal* (orientasi bidang diskontinuitas sejajar bidang bebas), menghasilkan kemantapan lereng dan arah lemparan yang terkontrol.
- (2) *Dip Out of Face* (orientasi bidang ke arah pit), menyebabkan ketidakmantapan lereng dan menghasilkan *backbreak* berlebih.
- (3) *Strike normal to face* (orientasi bidang diskontinuitas menyudut terhadap bidang bebas), akan menghasilkan muka jenjang berblok-blok dan terjadi hancuran yang berlebih.
- (4) *Dip into Face* (orientasi bidang diskontinuitas ke arah massa batuan), menyebabkan *toe* tidak hancur dan potensi batuan akan mengganggu.



(Sumber : Drill and Blast)

Gambar 3 Orientasi Bidang Diskontinuitas

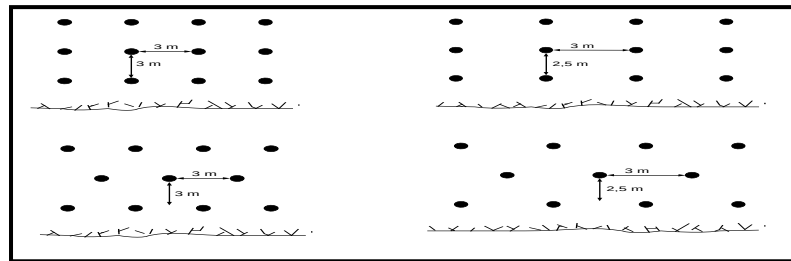
b. Faktor yang dapat dikendalikan

1) Pola Pemboran

Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas yang harus ada. Peledakan dengan hanya satu bidang bebas, disebut *crater blasting*, akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada tambang terbuka selalu dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu (1) dinding bidang bebas dan (2) puncak jenjang (*top bench*). Selanjutnya terdapat tiga pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu:

- a) Pola bujursangkar (*square pattern*), yaitu jarak *burden* dan spasi sama.

- b) Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibanding *burden*.
- c) Pola zigzag (*staggered pattern*), yaitu antar lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola bujursangkar maupun persegi panjang.

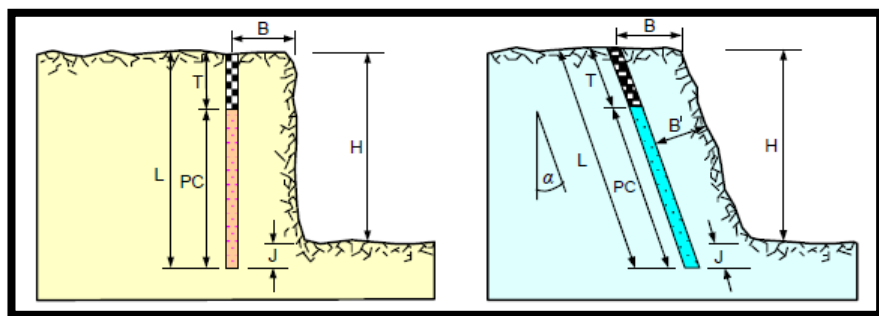


(Sumber : Kursus Juru Ledak Kelas II)

Gambar 4 Pola Pemboran *Square Pattern* dan *Rectangular Pattern*

2) Arah dan Kemiringan Lubang Ledak

Arah dan kemiringan lubang ledak ada dua, yaitu arah pemboran tegak dan arah pemboran miring. Kedua metode arah kemiringan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Perbandingan keduanya terlihat pada gambar 5 dan tabel 3 di bawah ini.



(Sumber : Drill and Blast)

Gambar 5 Perbandingan Lubang Ledak Tegak dan Miring

Tabel 3 Perbandingan Lubang Ledak Tegak dan Miring

Parameter	Lubang Ledak Tegak	Lubang Ledak Miring
Perambatan Gelombang	Dipantulkan pada bidang bebas yang lebih sempit	Dipantulkan pada bidang bebas yang lebih luas
Lantai Jenjang	Lebih berpotensi menimbulkan tonjolan (<i>toe</i>)	Cenderung lebih rata
Fragmentasi	Kurang Seragam	Lebih Seragam
Pembuatan dan Penanganan	Lebih mudah	Agak sukar
Isian Bahan Peledak	Lebih sedikit	Lebih banyak
Lemparan batuan (<i>Flyrock</i>)	Lebih sedikit	Cenderung lebih banyak
Efek ledakan	Cenderung menimbulkan retakan ke belakang jenjang (<i>back break</i>)	Berpotensi kecil menimbulkan retakan ke belakang jenjang (<i>back break</i>)

(Sumber : Singgih, 2006; 64)

3) Diameter Lubang Ledak

Ukuran lubang ledak sangat penting dalam proses peledakan, karena mempengaruhi dalam penentuan jarak *burden* dan jumlah isian bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya. Untuk diameter lubang kecil, maka energi yang dihasilkan juga akan kecil, sehingga jarak antar lubang bor ke bidang bebas sebaiknya kecil juga, dengan maksud energi ledakan cukup dan tidak berlebihan untuk menghancurkan jenjang, sehingga tidak menimbulkan efek vibrasi dan *flyrock* berlebihan.

Diameter lubang ledak juga mempengaruhi terhadap panjang *Stemming*, lebih jauh lagi dapat mempengaruhi fragmentasi batuan hasil peledakan. *Stemming* yang terlalu panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledakan tidak mampu untuk menghancurkan batuan disekitar *stemming* tersebut,

apabila jarak *stemming* terlalu kecil maka akan mengakibatkan adanya *flyrock* dan fragmentasi yang terlalu kecil. Material *stemming* yang baik berupa kerikil dan batu split berukuran 0.5 - 1 cm, agar setelah dipadatkan butirannya akan saling mengunci.

4) Distribusi Bahan Peledak

Agar sedapat mungkin seluruh energi bahan peledak pada saat peledakan dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk sejumlah massa batuan yang diledakkan, maka distribusi bahan peledak didalam lubang bor merupakan faktor penting dalam keberhasilan suatu peledakan. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam distribusi bahan peledak adalah :

a) Berat Bahan Peledak Dalam Lubang Ledak

Berat bahan peledak dalam kolom isian bahan peledak merupakan fungsi dari *density* bahan peledak, diameter bahan peledak dan panjang kolom isian bahan peledak. Berat bahan peledak tersebut (*loading factor*) dapat dihitung dengan formula berikut :

$$E = PC \times de$$

Sumber : *Diklat Teknik Pemberaian Batuan ,2013*

Keterangan :

E = Berat bahan peledak setiap lubang

PC = Panjang kolom isian bahan peledak

PC = Kedalaman (H) – *Stemming* (J)

De = Diameter lubang ledak

SG = *Specific gravity* bahan peledak

$$De = 0,34 \times De^2 \times SG \times 1,48$$

Sumber : *Diklat Teknik Pemberaian Batuan ,2013*

Keterangan : 1,48 = Konversi lbs/ft menjadi kg/m.

b) *Powder Factor*

Powder factor adalah suatu bilangan untuk menyatakan jumlah material yang diledakkan atau dibongkar oleh sejumlah tertentu bahan peledak. Istilah lain dari *powder factor* adalah *specific charge weight*, beberapa cara dalam menentukan *powder factor* berdasarkan buku *teknik peledakan* terbitan PPTM sebagai berikut :

- (1) Berat bahan peledak per volume batuan yang diledakkan (kg/m³).
- (2) Berat bahan peledak per berat batuan yang diledakkan (kg/ton).
- (3) Berat batuan per berat bahan peledak (ton/kg).
- (4) Volume batuan per berat batuan yang diledakkan (m³/kg).

Perhitungan *powder factor* menurut R. L. Ash dalam buku “*The Mechanics of Rock Breakage*” diformulasikan sebagai berikut:

$$Pf = W / E$$

Sumber : *Diklat Teknik Pemberaian Batuan ,2013*

Keterangan :

Pf = *Powder factor* (ton/lb)

W = Jumlah batuan atau material yang diledakkan (m³),

E = Berat bahan peledak

E = De x Pc x n

Sumber : *Diklat Teknik Pemberaian Batuan ,2013*

Keterangan :

De = *Loading density*

Pc = Panjang muatan dari sebuah lubang tembak (ft)

N = Jumlah lubang bor

Secara umum *powder factor* dapat dihubungkan dengan unit hasil produksi pada suatu operasi peledakan. Dengan *powder factor* dapat diketahui jumlah konsumsi bahan peledak yang dipakai untuk menghasilkan sejumlah batuan.

5) Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang – lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

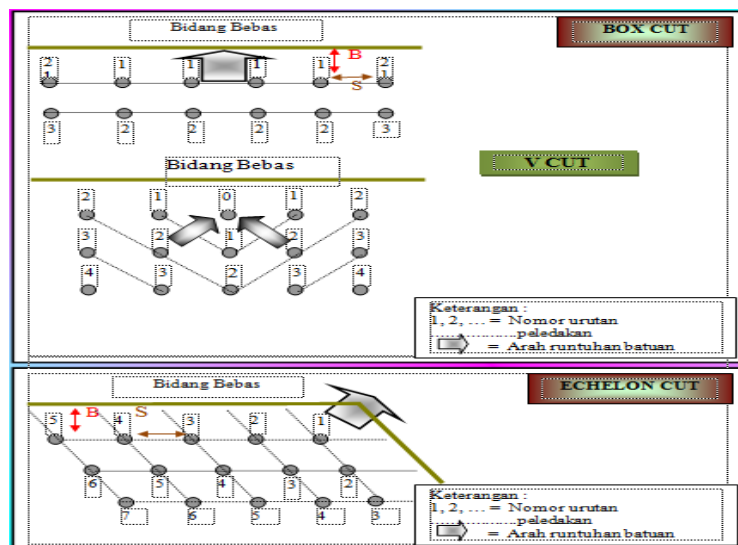
Fungsi dari pola peledakan yang dibuat antara lain :

- a) Mengarahkan lemparan hasil peledakan.
- b) Mengurangi tingkat getaran dan *flyrock*.
- c) Memperbaiki fragmentasi batuan hasil peledakan.

(1) Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut dan dapat dilihat pada gambar 2.5 :

- (a) *Box Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuannya ke depan dan membentuk kotak

- (b) *Corner cut (echelon cut)* , yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.
- (c) “V” *cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke depan dan membentuk huruf V.
- (2) Berdasarkan urutan waktu peledakan, maka pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut :
- (a) Pola peledakan serentak, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan secara serentak untuk semua lubang tembak.
- (b) Pola peledakan beruntun, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris yang satu dengan baris lainnya.



(Sumber : Drill and Blast)

Gambar 6 Pola Peledakan Berdasarkan Arah Reruntuhannya

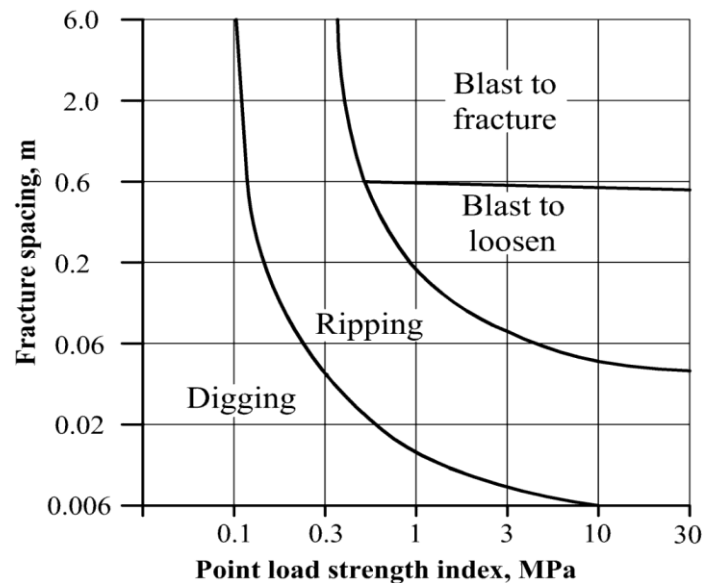
Setiap lubang tembak yang akan diledakkan harus memiliki ruang yang cukup kearah bidang bebas terdekat agar energi terkonsentrasi secara maksimal sehingga lubang tembak akan terdesak, mengembang, dan pecah. Secara teoritis, dengan adanya tiga bidang bebas (*free face*) maka kuat tarik batuan akan berkurang sehingga meningkatkan energi ledakan untuk pemecahan batuan dengan syarat lokasi dua bidang bebasnya memiliki jarak yang sama terhadap lubang tembak.

Adapun pengaturan waktu tunda dalam proses peledakan memiliki beberapa keuntungan, yaitu :

- Memperbaiki fragmentasi
- Untuk mengatur jumlah bahan peledak / lubang tembak yang diledakkan secara bersamaan hingga dapat mengurangi *ground vibration* dan mengatur arah lemparan hasil peledakan.

3. Faktor Kemampuan galian Batuan

Faktor kemampuan galian merupakan klasifikasi massa batuan terhadap tindakan yang akan dilakukan untuk mendapatkan batuan tersebut melalui uji kuat tekan massa batuan dengan rata-rata spasi kekar seperti pada gambar.



Gambar 7 Grafik Kemampuan Galian

4. Metode Pengukuran Fragmentasi Batuan

Fragmentasi adalah bentuk material hasil peledakan berdasarkan ukuran tertentu. Analogi dengan mekanisme penggerusan, energi diteruskan pada batuan oleh batuan peledak dan terjadi pemantulan gelombang kejut berkali-kali yang melibatkan serangkaian interaksi dalam individual blok. Hal tersebut mengakibatkan blok tersebut pecah menjadi ukuran yang lebih kecil dan terbentuklah permukaan-permukaan baru.

- a. Menurut Hustrulid (1999; 32-36) bahwa dalam peledakan ukuran partikel fragmentasi hasil peledakan dapat diklasifikasikan sebagai berikut

- 1) *Over Size*

Boulder size (ukuran bongkah) yang membutuhkan *Secondary blasting* atau disebut juga peledakan ulang.

2) *Fines*

Ukuran batuan yang sangat kecil dan halus, dan *product* menjadi susah dalam *transport*, dikarenakan *loose material*.

3) *Mid-Range*

Ukuran rata-rata partikel yang ekonomis dan dapat dilakukan transportasi yang sesuai dengan kriteria perusahaan.

b. Menurut Hustrulid (1999; 38-42) bahwa ada empat metode pengukuran fragmentasi peledakan, yaitu terdiri dari:

1) Pengayakan (*Sieving*)

Metode ini menggunakan ayakan dengan ukuran saringan berbeda untuk mengetahui persentase lolos fragmentasi batuan hasil peledakan.

2) *Boulder Counting (production statistic)*

Metode ini mengukur hasil peledakan melalui proses berikutnya, apakah terdapat kendala pada proses tersebut, misalnya melalui pengamatan "*Digging rate*", "*Secondary breakage*" dan produktivitas "*crusher*".

3) *Image analysis (Photographic)*

Metode ini menggunakan perangkat lunak (*Software*) dalam melakukan analisis fragmentasi. *Software* tersebut antara lain *Split Engineering*, *Gold Size*, dll.

4) Manual (*Measurement*)

Dilakukan pengamatan dan pengukuran secara manual dilapangan, dalam satuan luas tertentu yang dianggap mewakili (representatif).

Tingkat fragmentasi batuan yang diinginkan dapat diperoleh dari percobaan peledakan di lapangan dengan mengevaluasi perubahan variabel-variabel peledakan. Sebuah model yang banyak dipakai oleh para ahli untuk memperkirakan fragmentasi hasil peledakan adalah model *Kuz-Ram*.

5. Prediksi Distribusi Fragmentasi *Kuz-Ram*

Model *Kuz-Ram* merupakan gabungan antara persamaan *Kuznetsov* dan persamaan *Rossin-Rammier*. Persamaan *Kuznetsov* memberikan ukuran fragmentasi batuan rata-rata dan persamaan *Rossin-Rammier* menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu.

Persamaan *Kuznetsov* dapat dilihat sebagai berikut :

$$X(\text{rata-rata}) = A \left(\frac{V_o}{Q} \right)^{0,8} Q^{0,167}$$

Sumber : *Rock Blasting And Overbreak Control, 1991*

Keterangan :

$X(\text{rata-rata})$ = Ukuran Fragmentasi ukuran rata-rata (cm)

A = Faktor batuan

V_o = Jumlah batuan per lubang tembak ($B \times S \times L$) dalam m^3 .

Q = Berat bahan peledak per lubang tembak.

Persamaan diatas digunakan untuk tipe bahan peledak TNT. Untuk itu Cunningham dalam Konya (1990; 136) memodifikasi persamaan tersebut untuk memenuhi penggunaan ANFO sebagai bahan peledak. Sehingga persamaan tersebut menjadi :

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

Sumber : *Rock Blasting And Overbreak Control*, 1991

Keterangan :

Q = Berat bahan peledak per lubang tembak (Kg)

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

Menurut Konya (1990; 135) untuk menentukan distribusi fragmentasi

batuan hasil peledakan, persamaan *Rossin-Rammier*, yaitu :

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

Sumber : *Rock Blasting And Overbreak Control*, 1991

Keterangan :

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

e = Logaritma natural berbasis e, dimana e = 2,71828

Xc = Karakteristik ukuran (cm)

X = Ukuran ayakan (cm)

n = Indeks keseragaman

Xc dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Indeks n adalah Indeks Keseragaman yang dikembangkan oleh *Cunningham* dengan menggunakan parameter dari desain peledakan.

Indeks keseragaman (n) ditentukan dengan persamaan :

$$n = \left(2,2 - \frac{14 B}{D}\right) \left(1 - \frac{w}{B}\right) \left(1 + \frac{(A-1)}{2}\right) \left(\frac{PC}{L}\right).$$

Keterangan :

B = *Burden* (m)

D = Diameter Lubang (mm)

W = Standar deviasi dari kekuatan pengeboran (m)

A = Ratio Spasi / *Burden*

PC = Panjang Muatan (m)

L = Tinggi Jenjang (m)

Jika pola pengeboran untuk pembuatan lubang tembak menggunakan pola *staggered*, maka nilai keseragaman n akan meningkat sebesar 10%. Dalam pola *staggered* (zig-zag), distribusi energi peledakan antar lubang akan lebih terdistribusi secara merata daripada pola bukan *staggered*.

6. Pembobotan Faktor Batuan

Salah satu data masukan untuk model *Kuz-Ram* adalah faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampuledakan atau *blastibility index* (BI). Nilai BI ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter yaitu : *rock mass description* (RMD), *joint plane spacing* (JPS), *joint plan orientation* (JPO), *specific gravity influence* (SGI) dan *moh's hardness* (H). Parameter-parameter tersebut kenyataannya sangat bervariasi. Lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 4 Pembobotan Massa Batuan Untuk Peledakan

PARAMETER	PEMBOBOTAN
1. <i>Rock Mass Description</i> (RMD)	
• <i>Powdery / friable</i>	10
• <i>Blocky</i>	20
• <i>Totally massive</i>	50
2. <i>Joint Mass Description</i> (JPS)	
• <i>Close (Spasi < 0,1 m)</i>	10
• <i>Intermediate (spasi 0,1 – 1 m)</i>	20
• <i>Wide (spasi >1 m)</i>	30
3. <i>Joint Plane Orientation</i> (JPO)	
• <i>Horizontal</i>	10
• <i>Dip out of face</i>	20
• <i>Strike normal to face</i>	30
• <i>Dip into face</i>	40
4. <i>Specific Gravity Influence</i> (SGI) SGI – 25 x SG - 50	
5. <i>Hardness</i> (H) Skala mohs	1 – 10

(Sumber : Hustrulid, 1999: 107)

Hubungan antara kelima parameter tersebut terhadap BI dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$BI = 0,5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$$

Sumber : *P.A lily*

Keterangan :

BI = *Blastibility Index*

RMD = *Rock Mass Description*

JPS = *Joint Mass Description*

JPO = *Joint Plane Orientation*

SGI = *Specific Gravity Influence*

H = *Hardness*

Persamaan yang memberikan hubungan antara faktor batuan dengan kemampuledakan suatu batuan adalah sebagai berikut :

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

Keterangan : A = Faktor batuan

7. Geometri Peledakan

Keberhasilan dalam suatu peledakan dapat dilihat salah satunya dengan ukuran fragmentasi batuan yang dihasil. Oleh karena itu untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang cocok maka kita harus dapat melakukan modifikasi terhadap geometri peledakan. Geometri peledakan Menurut Teori R.L.Ash, Konya, dan ICI Explosive.

a. Geometri Peledakan Berdasarkan Teori R.L.Ash (1963)

RL Ash (1963) telah menyarankan lima rasio dasar untuk desain peledakan. Rasio ini digunakan pada peledakan standar dengan lubang ledak vertikal untuk semua jenis peledakan jenjang. *Ash* melakukan

kajian di 20 jenis batuan yang berbeda dengan kedalaman lubang yaitu antara 5 – 260 ft, dengan diameter lubang 1 -5 / 8 sampai 10-5 / 8 inch, dan untuk semua nilai bahan peledak. Meskipun rasio dapat digunakan sebagai perkiraan pertama dalam desain peledakan, modifikasi untuk rasio akan menunjukkan di mana geologi merupakan faktor utama yang memiliki pengaruh penting terhadap hasil peledakan.

1) Burden

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang ledak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan dan bahan peledak yang akan dipergunakan. Menentukan ukuran burden merupakan langkah awal untuk memperoleh hasil peledakan yang sesuai dengan keinginan.

Untuk mengambil nilai burden, R.L. Ash (1963) mendasarkan pada acuan penggunaan bahan peledak standar.

- a) Densitas batuan : 160 lb/cuft.
- b) *Spesifik Gravity* peledak standar : 1,20
- c) Kecepatan Detonasi bahan peledak standar : 12.000 fps

Pada kondisi batuan yang akan diledakkan sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang digunakan sama dengan bahan peledak standar, maka digunakan burden ratio (Kb) yaitu 30. Tetapi jika batuan yang diledakkan tidak sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang digunakan juga tidak sama bahan peledak

standar, maka harga K_b standar harus dikoreksi dengan faktor penyesuaian.

$$B = \left[\frac{K_b \times De}{12} \right] ft \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Atau } B = \left[\frac{K_b \times De}{39,3} \right] m \dots \dots \dots (2)$$

Jika :

De = diameter lubang tembak

B = burden

K_b = *burden ratio*

Keterangan :

Bobot isi batuan standar (D_{std}) = 160 lb/cuft

Bahan peledak :

SG_{std} = 1,2

V_{std} (VOD_{std}) = 12000 fps

K_b standard = 30

Maka :

$$K_b \text{ koreksi} = 30 \times Af_1 \times Af_2 \dots \dots \dots (3)$$

Af_1 = adjusment factor untuk batuan yang diledakkan

Af_2 = *adjusment factor* untuk handak yang dipakai

(1)Faktor penyesuaian untuk batuan (Af_1) adalah :

$$Af_1 = \left[\frac{D_{std}}{D} \right]^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

Af_1 = Faktor penyesuaian untuk batuan.

D = Bobot isi batuan yang akan diledakkan, lb/cuft.

D_{std} = Bobot isi batuan standar, lb/cuft.

(2) Faktor penyesuaian bahan peledak (Af2) adalah :

$$Af2 = \left[\frac{SG \times (VoD)^2}{SGstd \times (VoDstd)^2} \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

Af2 = Faktor penyesuaian untuk bahan peledak.

SG = Berat jenis bahan peledak yang dipakai.

Ve = Kecepatan detonasi bahan peledak yang digunakan, ft/s.

SGstd = Berat jenis bahan peledak standar.

Vestd = Kecepatan detonasi bahan peledak standar, ft/s.

Jarak *burden* yang baik adalah jarak dimana energi ledakan bisa menekan batuan secara maksimal sehingga pecahnya batuan sesuai dengan fragmentasi yang direncanakan dengan mengupayakan sekecil mungkin terjadinya batuan terbang, bongkah, dan retaknya batuan pada batas akhir jenjang

2) Spasi (S)

Spasi adalah jarak antar lubang ledak yang dirangkai dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap bidang bebas. Penerapan jarak spasi harus mempertimbangkan perbandingan dengan *burden* agar didapatkan cakupan energi peledakan yang cukup untuk mendapatkan hasil fragmen batuan yang diinginkan.

Berdasarkan nilai *Kb* tersebut, maka dapat diperoleh persamaan untuk menentukan panjang spasi adalah sebagai berikut

$$S = B \times Ks \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

S = Spasi, meter.

B = *Burden*, meter.

Ks = *Spacing Ratio*.

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

3) Stemming (T)

Stemming adalah material penutup di dalam lubang bor di atas kolom isian bahan peledak. Fungsi stemming adalah untuk mengurung gas-gas hasil ledakan agar dapat menekan batuan dengan kekuatan cukup besar. Sedangkan dalam penggunaan stemming yang perlu diperhatikan adalah panjang stemming yang diterapkan dan ukuran material yang digunakan.

Ukuran material stemming sangat berpengaruh terhadap hasil peledakan, apabila bahan stemming terdiri dari material halus, maka akan mudah terdorong oleh dorongan udara bertekanan tinggi sehingga akan mengakibatkan berkurangnya daya dorong dari bahan peledak.

Ukuran stemming yang pendek dapat menyebabkan pecahnya batuan pada bagian atas, dan mengurangi fragmen batuan keseluruhan karena gas hasil ledakan menuju ke atas dengan mudah dan cepat.

Persamaan untuk menghitung panjang *stemming* adalah sebagai berikut:

$$T = B \times K_t \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

T = Stemming, meter.

K_t = Stemming ratio (0,7-1,0).

B = Burden, meter.

4) Subdrilling

Subdrilling merupakan panjang lubang ledak yang berada di bawah garis lantai jenjang, yang berfungsi untuk membuat lantai jenjang menjadi lebih rata setelah peledakan. Bila jarak *subdrilling* terlalu besar maka akan menghasilkan efek getaran tanah, sebaliknya bila subdrill terlalu kecil maka akan menghasilkan tonjolan pada lantai jenjang (toe) karena batuan tidak terpotong sebatas lantai jenjang.

Persamaan untuk menentukan panjang *subdrill* adalah sebagai berikut :

$$J = B \times K_j \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

J = Subdrill, meter.

K_j = Subdrill ratio (0,2-0,4).

B = Burden. meter.

5) Kedalaman lubang ledak (H)

Kedalaman lubang ledak biasanya ditentukan berdasarkan jumlah produksi dan kapasitas dari alat muat. Persamaan untuk menentukan kedalaman lubang tembak dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$H = K_h \times B \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

H = Kedalaman lubang tembak, meter.

Kh = *Hole depth ratio* (1,5 – 4,0).

B = Burden, meter.

6) Panjang kolom isian (PC)

Panjang kolom isian merupakan panjang kolom lubang ledak yang diisi oleh bahan peledak. Persamaan yang digunakan untuk menghitung panjang kolom isian (Charge Length) adalah sebagai berikut

$$PC = H - T \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :

PC = Panjang kolom isian, meter.

H = Kedalaman lubang ledak, meter.

T = Panjang Stemming, meter.

b. Geometri Peledakan Berdasarkan Teori C. J.Konya

Untuk memperoleh hasil pembongkaran batuan sesuai dengan yang diinginkan, maka perlu suatu perencanaan peledakan dengan memperhatikan besaran-besaran geometri peledakan. Geometri peledakan menurut C. J. Konya (1990) adalah sebagai berikut:

1) Burden (B)

Burden dihitung berdasarkan diameter lubang ledak, jenis batuan dan jenis bahan peledak yang diekspresikan dengan densitasnya. Rumusnya adalah:

$$B = 3.15 \times De \times (SGe/SGr)^{0.33} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

B = burden

De = diameter lubang ledak (inchi)

S_{Ge} = berat jenis bahan peledak yang dipakai

S_{Gr} = berat jenis batuan yang dibongkar

2) Spacing (S)

Spacing ditentukan berdasarkan sistem tunda yang direncanakan dan kemungkinannya adalah

a) Serentak tiap baris lubang ledak (*instantaneous single-row blastholes*)

(1) Untuk tinggi jenjang rendah (*low benches*)

$$H < 4B, S = (H + 2B) / 3 \dots\dots\dots(12)$$

(2) Untuk tinggi jenjang yang besar (*high benches*)

$$H = 4B, S = 2B \dots\dots\dots(13)$$

b) Berurutan dalam tiap baris lubang ledak (*sequenced single-rowblasthole*)

(1) Untuk tinggi jenjang rendah (*low benches*)

$$H < 4B, S = (H + 7B) / 8 \dots\dots\dots(14)$$

(2) Untuk tinggi jenjang yang besar (*high benches*)

$$H = 4B, S = 1,4B \dots\dots\dots(15)$$

3) Stemming (T)

Stemming adalah kolom material penutup lubang ledak di atas kolom isian bahan peledak. Menurut C.J. Konya rumusan dalam menentukan stemming adalah:

a) Batuan massive, $T = B$ (16)

b) Batuan berlapis, $T = 0,7 \times B$ (17)

T = stemming (m)

B = burden (m)

4) Subdrilling (J)

Subdrilling adalah merupakan 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:

$$J = 0,30 \times B \text{(18)}$$

Keterangan :

B = burden (m),

J = subdrilling (m)

a) Kedalaman Lubang Ledak (H)

Dalam penentuan kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan geoteknik. Pada prinsipnya kedalaman lubang ledak merupakan jumlah total antara tinggi jenjang dengan besarnya subdrilling, yang dapat ditulis sebagaiberikut:

$$H = K_h \times B \text{(19)}$$

Dimana :

H = Kedalaman lubang tembak, meter.

K_h = *Hole depth ratio* (1,5 – 4,0).

B = Burden, meter.

b) Charge Length (PC)

Charge length merupakan panjang kolom isian bahan peledak.

Panjang kolom isian merupakan panjang kolom lubang ledak yang akan diisi bahan peledak. Panjang kolom ini merupakan kedalaman lubang ledak dikurangi panjang stemming yang digunakan.

Persamaan dalam penentuan PC adalah:

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

Keterangan :

PC = panjang kolom isian bahan peledak (m)

H = kedalaman lubang ledak (m)

T = stemming (m)

c) Powder Factor

$$PF = W_{handak} / B \times S \times BH \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

PF = powder factor

Whandak = jumlah pemakaian handak

c. Geometri peledakan berdasarkan ICI Explosives

Menyarankan bahwa dalam merancang peledakan jenjang yang pertama dipertimbangkan adalah tinggi jenjang (H) dan diameter lubang ledak (D), yaitu :

- 1) Tinggi jenjang (H): disesuaikan dengan kondisi batuan setempat, peraturan yang berlaku dan ukuran dari alat muat yang akan digunakan. Atau secara empiris $H = 60D - 140D$.
- 2) Burden (B) antar baris; $B = 25D - 40D$

- 3) Spasi antar lubang ledak sepanjang baris (S); $S = 1B - 1,5B$
- 4) Subdrilling (J); $J = 8D - 12D$
- 5) Stemming (T); $T = 20D - 30D$
- 6) PF (Powder Factor)

$$PF = \left[\frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume}} \right] \left[\frac{(\text{Berat/m}) \times \text{Panjang Isian}}{B \times S \times H} \right]$$

Burden dan spasi, butir (2) dan (3), dapat berubah tergantung pada sekuen penyalan yang digunakan, yaitu:

- (a) Tipe system penyalan tergantung pada bahan peledak yang dipilih dan peraturan setempat yang berlaku.
- (b) Delay antar lubang sepanjang baris yang sama disarankan minimal 4 ms per meter panjang spasi
- (c) Delay minimum antara baris lubang yang berseberangan antara 4 ms – 8 ms per meter. Dikhawatirkan apabila lebih kecil dari angka ms tersebut tidak cukup waktu untuk batuan bergerak ke depan dan konsekuensinya bagian bawah setiap baris material akan tertahan
- (d) In-hole delay direkomendasikan untuk meledak terlebih dahulu sampai seluruh surface delay terpropagasi seluruhnya.

8. Sifat Material

Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*) adalah semua lapisan tanah/batuan yang berada di atas dan langsung menutupi lapisan bahan galian berharga sehingga perlu disingkirkan terlebih dahulu sebelum dapat menggali bahan galian berharga tersebut. Lapisan tanah penutup

(*overburden*) yang dapat ditemui umumnya dikelompokkan menjadi beberapa sifat yaitu:

a. Material yang sangat mudah digali (sangat lunak)

Material yang mengandung sedikit air, misalnya pasir, tanah biasa, kerikil, campuran pasir dengan tanah biasa, dan material yang banyak mengandung air, misalnya pasir lempungan, lempung pasir, lumpur, dan pasir yang banyak mengandung air (*quick sand*). Material ini dapat digali menggunakan *backhoe*.

b. Material yang lebih keras (lunak)

Misalnya tanah biasa yang bercampur kerikil, pasir yang bercampur dengan kerikil, pasir yang kasar. Material ini juga masih dapat digali menggunakan *backhoe*.

c. Material yang setengah keras (sedang)

Misalnya batubara, shale (clay yang sudah mulai kompak), batuan kerikil yang mengalami sementasi dan pengompakan, batuan beku yang sudah mulai lapuk, dan batuanbatuan beku yang mengalami banyak rekahan-rekahan. Material ini agak sulit menggali langsung menggunakan *backhoe* sehingga material harus di ripping terlebih dahulu.

d. Material yang keras

Misalnya sandstone, limestone, slate, vulcanic tuff, batuan beku yang mulai lapuk, mineral-mineral penyusun batuan yang telah

mengalami sementasi dan pengompakan. Material ini di ripping terlebih dahulu atau langsung dengan peledakan.

e. Material sangat keras

Misalnya batuan-batuan beku dan batuan-batuan metamorf, contohnya granit, andesit, slate, kwarsit, dan sebagainya. Material ini di bongkar menggunakan metode peledakan.

9. Kapasitas Alat

Kapasitas alat dipengaruhi oleh faktor pengembangan material dan faktor pengisian. Kemampuan alat merupakan faktor yang menunjukkan kondisi alat-alat mekanis yang digunakan dalam melakukan pekerjaan dengan memperhatikan kehilangan waktu selama waktu kerja dari alat yang tersedia (Rochmanhadi, 1982).

a. Waktu edar alat gali – muat

Waktu edar alat gali – muat terdiri dari waktu penggalian material, waktu *swing* isi, waktu menumpahkan muatan, waktu *swing* kosong. (Partanto Prodjo Sumarto, 1995)

$$CTgm = Tg + Tsi + Tt + Tsk$$

Sumber: (Partanto Prodjo Sumarto, 1995)

Keterangan:

CTgm = Waktu Edar alat gali – muat (s)

Tg = Waktu menggali material (s)

Tsi = Waktu *swing* isi (s)

Tt = Waktu menumpahkan muatan (s)

Tsk = Waktu *swing* kosong (s)

b. Waktu edar alat angkut

Waktu edar alat angkut terdiri dari waktu pengisian, waktu angkut material, waktu *manuver dumping*, waktu *dumping*, waktu kembali kosong, waktu *manuver loading* (Partanto Prodjo Sumarto, 1995).

Sehingga waktu edar alat angkut dapat dirumuskan seperti berikut ini :

$$CTa = Ti + Ta + Tmd + Td + Tk + Tml$$

Sumber: (Partanto Prodjo Sumarto, 1995)

Keterangan:

CTa	= Waktu edar alat angkut (s)
Ti	= Waktu <i>loading</i> (s)
Ta	= Waktu <i>hauling</i> (s)
Tmd	= Waktu <i>manuver dumping</i> (s)
Td	= Waktu <i>dumping</i> (s)
Tk	= Waktu kembali kosong (s)
Tml	= Waktu <i>manuver loading</i> (s)

Waktu edar sangat penting pengaruhnya terhadap produksi kerja alat karena waktu edar menjadi variabel dalam perhitungan jumlah rate yang dapat dilakukan dalam satu jam kerja. Semakin kecil waktu edar maka akan semakin besar juga jumlah produktivitas yang akan dihasilkan (Partanto Prodjo Sumarto, 1995).

c. Kondisi Jalan Angkut

Meliputi kemiringan dan lebar jalan angkut, baik di jalan lurus maupun di tikungan sangat berpengaruh terhadap lalu lintas jalan angkut.

d. Keterampilan dan Pengalaman Operator (Skill Operator)

Semakin baik kemampuan operator dalam mengoperasikan alat yang digunakan, maka akan memperkecil waktu edar dari peralatan tersebut.

e. Efisiensi Kerja

Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia (Yanto Indonesianto, 2005). Waktu efisiensi kerja dihitung dengan rumus:

$$\text{Efisiensi Kerja} = (W_{ke}/W_{kt}) \times 100\%$$

Sumber: Yanto Indonesianto, 2005

Keterangan:

W_{ke} = Waktu kerja efektif

W_{hd} = Waktu hambatan yang dapat dihindari

W_{kt} = Waktu kerja yang tersedia

W_{hdt} = Waktu kerja yang tidak dapat dihindari

Tabel 5 Faktor Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0.83	0.81	0.76	0.70	0.63
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.60	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk Sekali	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

Sumber : Buku Perhitungan alat berat (Rochmanhadi,1982).

10. Analisis Statistik

a. Koefisien *Determinasi*

Koefisien *determinasi* (R^2) adalah bagian dari keragaman total variable terikat (Y) yang dapat diterangkan oleh keragaman variable bebas (X). Koefisien ini dihitung dengan mengkuadratkan koefisien korelasi. Adapun interpretasi dari nilai koefisien determinasi menurut Colton dalam Hastono (2006: 131) dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6 Interpretasi nilai Koefisien Determinasi (R^2)

R^2	Interpretasi
0,00 – 0,25	Tidak ada hubungan/hubungan lemah
0,26 – 0,50	hubungan sedang
0,51 – 0,75	hubungan kuat
0,76 - 1,00	hubungan sangat kuat/sempurna

B. Penelitian Relevan

Penelitian-penelitian yang relevan yang terkait dengan permasalahan yang akan diteliti menjadi dasar penulis melakukan penelitian yang disusun berdasarkan judul sebagai berikut :

1. Hasil penelitian Moamar Aprilian Ghadafi dari jurusan teknik pertambangan Universitas Sriwijaya “ Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis Blastibility dan Digging Rate Alat Gali Muat di PIT MT-4 Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim, Sumatera Selatan”

Penelitian ini bertujuan merancang geometri peledakan berdasarkan analisis blastibility indeks dengan memperhatikan orientasi

kekar, dan menghitung digging rate excavator PC 2000 dari hasil peledakan sekaligus membuat usulan powder factor. Perbedaannya dengan penulis adalah memperhitungkan fragmentasi dengan software *splitdesktop*.

2. Hasil penelitian Riki Rinaldo dari jurusan teknik pertambangan UNP dengan judul “ Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 CV. Triaga Nusatama Kecamatan Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatra Barat”

Penelitian ini bertujuan merancang geometri peledakan dengan memperhatikan karakteristik massa batuan, dan geomekanika dengan persamamaan lily dan memprediksi fragmentasi dengan metode kuz-ram perbedaannya dengan penelitian penulis menggunakan software *splitdesktop* dengan fragmentasi actual dilapangan dengan foto hasil peledakan dan memperhitungkan fragmentasi.

3. Hasil penelitian Milia Putri dari jurusan teknik pertambangan UNP “ Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan PT J Resource Bolaang Mongondow Sulawesi Utara”

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi geometri peledakan untuk mencapai target fragmentasi dan diggability dalam pemenuhan target produktivitas ore, dalam menganalisa hasil peledakan

menggunakan *splitdektop*, metode Cunningham, dan metode kuzram dalam usulan geometri peledakan menggunakan metode R. L Ash, Konya, pemodelan statistic serta uji trial and error. Perbedaanya dengan penelitian penulis adalah dalam rancangan geometri peledakan menggunakan metode R. L Ash, Konya dan ICI Explosives.

4. Hasil penelitian S Koesnaryo dari fakultas teknologi mineral UPN “Veteran” dengan judul “Beberapa Penyelidikan Geomekanika Yang Mudah Untuk Mendukung Rancangan Peledakan”.

Penelitian ini bertujuan merancang peledakan dengan memperhatikan penyelidikan geomekanika seperti sifat massa batuan, aspek geologi struktur seperti spasi dan orientasi bidang-bidang lemah, tipe material pengisi dan ikatan antar kekar, lithology, dan ketebalan bidang perlapisan, dan kecepatan propogasi gelombang dalam batuan. penelitian ini memprediksi powder factor dengan data seismic sedangkan penulis tidak memperhitungkan seismic tetapi penulis memperhatikan digging time terhadap hasil fragmentasi peledakan.

5. Hasil Penelitian dari magister Rudi Hartono Magister Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta tentang “Studi Metode Peledakan Pada PT. Pro Intertech Indonesia Kotamadya Sorong Provinsi Papua Barat “

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi geometri peledakan juga menentukan metode peledakan yang sesuai untuk meningkatkan produksi peledakan dengan menggunakan metoda the

modern technique. Perbedaanya dengan penelitian penulis adalah merancang geometri peledakan dengan menggunakan metoda yaitu R L Ash, Konya , ICI Explosives

6. Hasil Penelitian dari Febrianto Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang tentang “Perencanaan Ulang Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimum Di Lokasi Penambangan Front Iv Quarry Pt. Semen Padang “

Penelitian ini bertujuan Mengevaluasi fragmentasi batuan hasil peledakan dapat dilakukan dengan memperhatikan geometri peledakan. Berdasarkan geometri peledakan aktual saat ini, didapatkan fragmentasi batuan yang berukuran $\geq 50\text{cm}$. Perbedaanya dengan penelitian penulis adalah Mengevaluasi fragmentasi batuan hasil peledakan dapat dilakukan dengan memperhatikan geometri peledakan. Berdasarkan geometri peledakan aktual saat ini, didapatkan fragmentasi batuan yang berukuran $\geq 150\text{cm}$.

7. Hasil Penelitian dari Aulia Defriansyah, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang tentang “Evaluasi Teknis Geometri Peledakan untuk Mendapatkan Fragmentasi dan Identifikasi Tingkat Keseragaman Batuan Hasil Peledakan yang Ideal di PT. Allied Indo Coal Jaya, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto “

Penelitian ini bertujuan Mengevaluasi fragmentasi batuan hasil peledakan yang mempunyai ukuran yang besar, apalagi fragmentasi batuan dengan ukuran $\geq 50\text{cm}$. Sementara perusahaan sendiri telah

menetapkan untuk ukuran fragmentasi yang berukuran $\geq 50\text{cm}$ yaitu ≤ 20 . Perbedaanya dengan penelitian penulis adalah Mengevaluasi fragmentasi batuan hasil peledakan dapat dilakukan dengan memperhatikan geometri peledakan sesuai yang di harapkan oleh perusahaan yaitu ≤ 80 .

8. Hasil Penelitian dari Ilham Cahyadi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang tentang “Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah Pada PT. Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. “

Penelitian ini bertujuan Mengevaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah. Perbedaanya dengan penelitian penulis adalah Mengevaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan juga menghitung produktivitas pada alat muat dan menghitung biaya peledakan.

9. Hasil penelitian M. Monjezi dari Tabiat Madares University dengan judul “Developing a new fuzzy model a predict burden from rock geomechanical properties”

Penelitian ini bertujuan untuk rancangan geometri peledakan khususnya memprediksi burden pada peledakan sehingga mendapatkan fragmentasi yang diinginkan dan meminimalkan biaya. Prediksi beban, salah satu variable yang paling signifikan dalam desain peledakan.

Model kabur dikembangkan untuk memprediksi beban menggabungkan sifat geomekanikal batu di peledakan dengan operasi tambang emas. Perbedaannya dengan penulis mengungkapkan hubungan fragmentasi dengan digging time beserta dengan rancangan geometri peledakan.

10. Hasil penelitian Pradeep K. Singh & Amalendu Sinha CSIR – Central Institute of Mining & Fuel Research, Dhanbad, India dengan judul Rock Fragmentation by Blasting

Penelitian ini bertujuan merancang geometri peledakan. Fragmentasi material hasil peledakan harus disesuaikan dengan ukuran bucket alat gali yang digunakan oleh perusahaan sehingga digging time material bisa sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh perusahaan.

11. Hasil penelitian Dr Piyush Rai, Abhai Kumar Ranjan dan B. Singh dengan judul Optimizing Fragmentation A study of the impact of stiffness ratio on the fragmentation of sandstone strata in an opencast coal mine.

Penelitian ini bertujuan merancang geometri bahan peledak dan batu parameter tetap identik sebagai sejauh mungkin untuk secara kategoris menilai dampak dari rasio pada hasil fragmentasi (di bawah geometri ledakan yang hampir setara parameter). Untuk menjaga parameter batuan konstan, semua ledakan dilakukan sama tanpa (atau tidak signifikan) variasi geologi.

12. Hasil penelitian Waluyo dari teknik pertambangan UNSRI dengan judul “ Analisis Pengaruh Struktur Joint Terhadap Fragmentasi Peledakan Dan Produktivitas Alat Gali Muat PT Semen Padang (Persero), Tbk

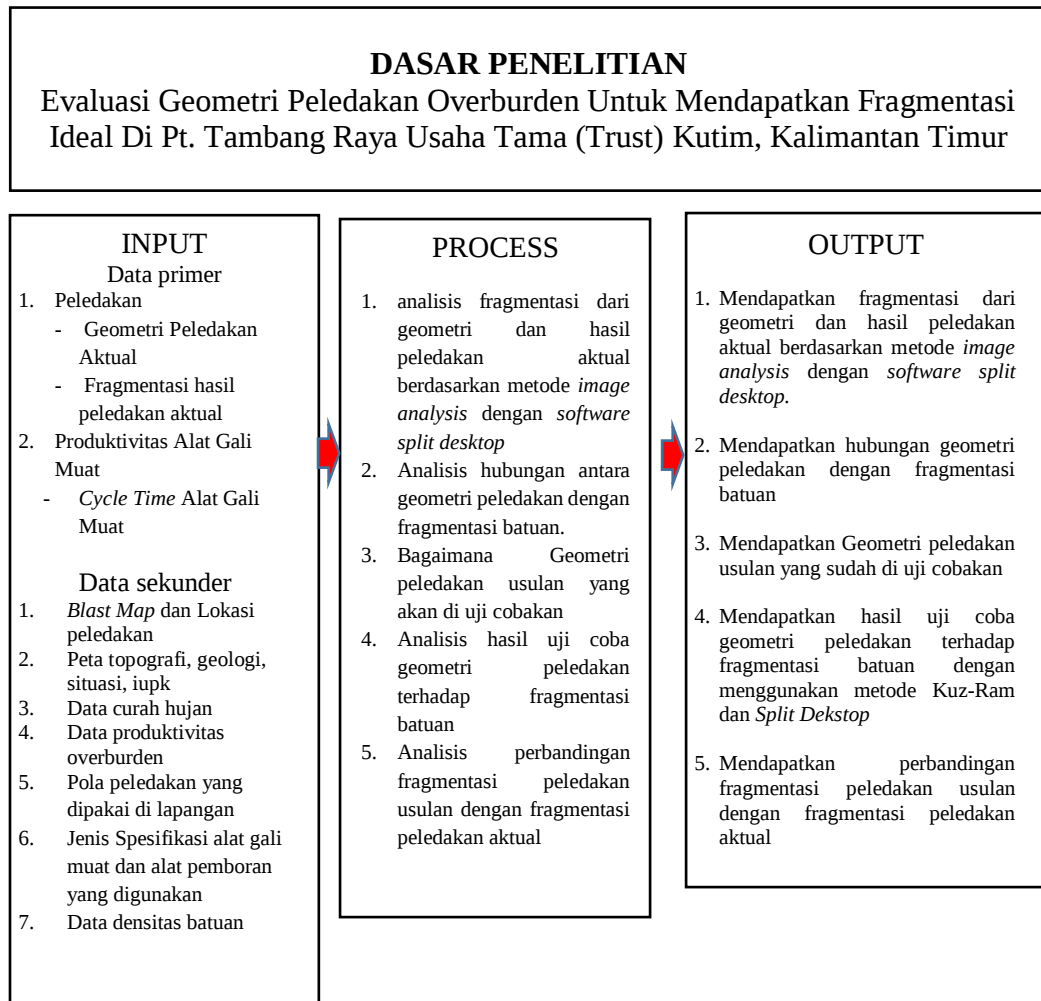
Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur joint terhadap mekanisme pecahnya batuan dimana getaran tanah yang di timbulkan oleh aktivitas peledakan dengan adanya joint dapat mengurangi intensitas gelombang tekan/ kompresif mencapai bidang bebas (*free face*). Perbedaannya dengan penulis memperhitungkan *digging time excavator hitachi pc 2500* terhadap hasil fragmentasi peledakan dan material yang di ledakan.

Dari *review* terhadap hasil penelitian yang relevan kajian yang penulis lakukan lebih menekankan terhadap masalah geomekanika dan rancangan geometri peledakan serta menghubungkan geometri peledakan dengan fragmentasi dan *digging time* juga menghitung biaya kegiatan *Blasting*.

C. Kerangka Konseptual

Pada penelitian ini di buat kerangka konseptual sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka disusun dengan sistematis sebagai berikut:

Gambar 8 Kerangka Konseptual



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan seperti berikut :

1. Geometri peledakan aktual menggunakan nilai *spasi* (S) rata-rata 9 meter, rata-rata *burden* (B) 8 meter, kedalaman (H) rata-rata 10 meter, Tinggi jenjang (L) rata-rata 9,5 meter, *Stemming* (T) 4 meter, *Subdrilling* (J) rata-rata 0,5 meter, Kolom isian rata-rata 6 meter. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menggali material hasil peledakan aktual (*digging time*) adalah 15 detik. Distribusi fragmentasi batuan dari data aktual geometri peledakan, rata-rata fragmentasi batuan yang tertahan pada ukuran >100cm dengan *software split desktop* adalah 46%. Jumlah produksi batuan yang diperoleh dari peledakan aktual adalah 56.880 BCM.
2. Pengaruh geometri peledakan terhadap fragmentasi 100 cm yaitu *burden* dengan nilai R^2 sebesar 0,6506 dimana artinya parameter geometri peledakan yaitu *burden* memiliki hubungan yang kuat terhadap fragmentasi 100 cm sehingga jika *spasi* besar maka akan diikuti dengan kenaikan hasil fragmentasi berukuran 100 Cm begitupun sebaliknya.
3. Geometri peledakan berdasarkan hasil konsultasi dengan perusahaan menggunakan nilai *spasi* 8 meter, *burden* 7 meter, kedalaman (H) rata-rata 10 meter, Tinggi jenjang (L) rata-rata 9,5 meter, *Stemming* (T) 4 meter, *Subdrilling* (J) rata-rata 0,5 meter, Kolom isian rata-rata 6 meter. Hasil geometri peledakan berdasarkan hasil konsultasi dari perusahaan di dapatkan

total bahan peledak yang dipakai 16.334,28 kg sedangkan volume peledakan yang diperoleh 57.120 bcm dan powder faktor yang di dapatkan 0,28 kg/bcm.

Maka hasil fragmentasi menurut kuz-ram yaitu 19 %

4. Dari hasil uji coba lapangan menggunakan geometri peledakan berdasarkan hasil konsultasi dengan perusahaan, maka hasil fragmentasi batuan yang didapatkan di lapangan dengan menggunakan split desktop yaitu 19,71%. Jadi hasil fragmentasi tersebut telah memenuhi target dari perusahaan yaitu ≤ 20 %.
5. Hasil fragmentasi batuan dari geometri peledakan usulan yang di uji cobakan lebih kecil dari pada fragmentasi batuan geometri peledakan aktual. Hasil digging time yang di dapatkan dari geometri peledakan usulan lebih kecil dari pada geometri peledakan aktual.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun saran yang penulis dapat berikan adalah sebagai berikut :

1. Melaksanakan penelitian lanjutan yang mengkaji faktor lainnya yang dapat menghasilkan nilai *powder factor* (PF) yang sesuai dengan yang ditetapkan perusahaan 0,30 sehingga dapat dilihat geometri peledakan yang memiliki hasil peledakan yang terbaik.
2. Perhitungan yang dilakukan penulis hanya membandingkan rumus teori dari RL. Ash, C.J Konya dan Ici Explosives. Oleh karena itu dapat dilakukan perbandingan hasil jika menggunakan rumus dari teori lain seperti technical modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2012). *Diktat Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian. Diklat Teknik Pemberaian Batuan*. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- Ash, R.L. (1990). *Design of Blasting Round*. "Surface Mining". B.A Kennedy. Editor, Society for Mining, Metalurgy, and Explotion, Inc.
- Ghadafi, M. A., Komar, S., & Sudarmono, D. (2014). Kajian Teknis Geometri Peledakan Berdasarkan Analisis Blastability dan Digging Rate Alat Gali Muat di PIT MT-4 Tambang Air Laya PT Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(3).
- Hj. Revia Oktaviani, ST.MT.2009. *Modul Kuliah Teknik Peledakan*. Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Hustrulid, W. (1999). *"Blasting Principles For Open Pit Mining"*. Colorado School Of Mines Golden. Colorado, USA.
- Kamus Pertambangan Umum (edisi II)*. Pusat penelitian dan pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.
- Koesnaryo, S. (2001). *Teori Peledakan*. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- Konya, C.J. (1990). *"Surface Blasting Design"*. International Development Corporation. Montville, Ohio.
- Konya J. Calvin dan Edwaed J. Walter. 1990. *Surface Blast Dessign*, Prentce Hall, Inc New Jersey; 1990
- Monjezi, M., & Rezaei, M. (2011). Developing a new fuzzy model to predict burden from rock geomechanical properties. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9266-9273.
- Putri, M., Yulhendra, D., & Octova, A. (2018). Optimasi Geometri Peledakan Untuk Mencapai Target Fragmentasi Dan Diggability Dalam Pemenuhan Target Produktivitas Ore Di Pit Durian Barat Dan Pit South Osela Site Bakan Pt J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. *Bina Tambang*, 3(1), 588-607.