

**KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PELEDAKAN UNTUK MENCAPAI
TARGET PRODUKSI DAN MENDAPATKAN FRAGMENTASI
BATU KAPUR SESUAI *INPUT CRUSHER*
DI PT. CEMENT PUGER JAYA RAYA SENTOSA, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



Oleh:

Irsyadul Fikri

BP/NIM. 2011/1102372

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK PERTAMBANGAN
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2016

PERSETUJUAN SKRIPSI

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PELEDAKAN UNTUK MENCAPAI TARGET PRODUKSI DAN MENDAPATKAN FRAGMENTASI BATU KAPUR SESUAI *INPUT CRUSHER* DI PT. CEMENT PUGER JAYA RAYA SENTOSA, JAWA TIMUR

Nama : Irsyadul Fikri
Nim/Bp : 1102372/2011
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 19 April 2016

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Heri Prabowo MS, M.T
NIP. 19781014 200312 1 002

PENGESAHAN

Nama : Irsyadul Fikri
NIM : 1102372/2011

Program Studi Strata-1 Teknik Pertambangan
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Judul Tugas Akhir

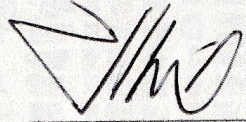
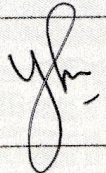
**KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PELEDAKAN UNTUK MENCAPAI
TARGET PRODUKSI DAN MENDAPATKAN FRAGMENTASI
BATU KAPUR SESUAI *INPUT CRUSHER*
DI PT. CEMENT PUGER JAYA RAYA SENTOSA, JAWA TIMUR**

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Strata-1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Tim Penguji

Tanda Tangan

- | | |
|---------------|----------------------------------|
| 1. Ketua | : Drs. Raimon Kopa, M.T |
| 2. Sekretaris | : Heri Prabowo, S.T, M.T |
| 3. Anggota | : Drs. Bambang Heriyadi M.T |
| 4. Anggota | : Drs. Syamsul Bahri, M.T |
| 5. Anggota | : Yoszi Mingsi Anaperta S.T, M.T |

- | | |
|----|---|
| 1. |  |
| 2. |  |
| 3. |  |
| 4. |  |
| 5. |  |

Ditetapkan di: Padang, 19 April 2016



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131

Telephone: FT: (0751)7055644, 445118 Fax: 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail: [mining@ft.unp.ac.id](mailto: mining@ft.unp.ac.id)

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : IRSYADUL FIKRI
NIM/TM : 1102372 / 2011
Program Studi : S1
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

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

” Kajian Teknis dan Ekonomis Peledakan untuk Mencapai
Target Produksi dan Mendapatkan Fragmentasi Batu
Kapur Sesuai Input Crusher Di PT. Cement
Puger Jaya Raya Sentosa, Jawa 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, 19 April 2016

yang membuat pernyataan,

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

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



BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Irsyadul Fikri
BP / NIM : 2011 / 1102372
Tempat / Tanggal Lahir : Padang / 24 Juli 1993
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Nama Ayah : M. Rizal, S.H
Nama Ibu : Dra. Nilawati
Jumlah Bersaudara : 3 (Tiga) Orang
Alamat Tetap : Jln. M.Yunus, No. 10 RT 01 RW 02, Kelurahan Lubuk Lintah, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. Sumatera Barat, Telp (0751-810779).

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SD N 22 Padang
Sekolah Menengah Pertama : SMP IT ADZKIA
Sekolah Menengah Atas : SMA N 5 Padang
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Data Tugas Akhir

Tempat Tugas Akhir : PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

Tanggal Tugas Akhir : 26 Januari – 28 Maret 2015
Topik Tugas Akhir : “Kajian Teknis dan Keonomis Peledakan Untuk Mencapai Target Produksi dan Mendapatkan Fragmentasi Batu Kapur Sesuai *Input Crusher* di PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa, Jawa Timur.”

Tanggal Sidang Tugas Akhir : Jum’at 5 Februari 2016

Padang, 20 April 2016

(Irsyadul Fikri)
NIM/TM : 1102372/2011

ABSTRAK

Nama : Irsyadul Fikri
Program Studi : S1 – Teknik Pertambangan
Judul : Kajian Teknis dan Ekonomis Peledakan Untuk Mencapai Target Produksi dan Mendapatkan Fragmentasi Batu Kapur Sesuai Input Crusher Di PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa, Jawa Timur.

PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa merupakan salah satu perusahaan swasta yang mengusahakan pertambangan batu kapur di Jawa Timur. Pada bulan Februari 2015 diketahui bahwa target produksi dari PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa sebesar 86.000 ton tidak tercapai, karena yang diperoleh hanya sebesar 40.823 ton dan masih diperoleh hasil peledakan dengan ukuran fragmentasi yang tidak sesuai dengan *input crusher*, dengan perbandingan hasil produksi peledakan diketahui persentase *boulder* (bongkah) yaitu 19,05%, material hasil peledakan yang dinyatakan *boulder* (bongkah) lebih dari ukuran 80 cm. Serta biaya peledakan yang dikeluarkan perusahaan untuk satu ton batu kapur pada bulan Februari 2015 adalah Rp. 2.672.

Dengan target produksi yang sama untuk bulan Maret 2015, penulis merancang geometri peledakan menurut R.L. Ash (1963) dan menganalisis hasil rancangan menggunakan metoda Kuz-Ram, serta menganalisis berapa jumlah lubang ledak yang dibutuhkan untuk mencapai target produksi sebesar 80.000 ton pada bulan Maret 2015.

Setelah dilakukan peledakan menggunakan geometri usulan penulis, diketahui bahwa persentase *boulder* (bongkah) pada bulan Maret 2015 yaitu 5,57% dari perbandingan hasil produksi peledakan. Dengan dilakukannya peledakan selama satu bulan pada bulan Maret 2015 sebanyak 3 kali dengan geometri usulan, melalui proses penimbangan batu kapur sebelum masuk ke *stockpile*, maka dapat diketahui realisasi produksi batu kapur pada bulan tersebut sebesar 89.368 ton dan persentase dari target produksi bulan tersebut sebesar 103,7%, melebihi dari target produksi-nya. Dan dibutuhkan biaya sebesar Rp. 2.435 untuk biaya peledakan per ton batu kapur.

Kata kunci:

Fragmentasi, Target Produksi, *Input*, *Crusher*, *Boulder*, *Stockpile*, Geometri.

ABSTRACT

Name : Irsyadul Fikri
Study Program: S1 – Mining Engineering
Title : Technical assessment and Economical of Blasting to Reach
Production Target and Getting Limestone Fragmentation
Appropriate Crusher Input At PT. Cement Puger Jaya Raya
Sentosa, East Java.

PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa is a private mining company which is work in the field of production of limestone in East Java. In February 2015 was known that production target of PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa as big as 86.000 tonnes has not reached, because it obtained only by 40.823 tonnes and was obtained blasting results with fragmentation size that did not match the crusher input, with a comparison of blasting production result was known boulder percentage was 19.05%, material blasting results that was expressed as boulder the size more than 80 cm. As well as blasting costs incurred by the company for one ton of limestone in February 2015 was Rp. 2,672.

With the same production target for March 2015, the author designed blasting geometry according to R.L. Ash (1963) and analyzed the results of the design by using Kuz-Ram method, and analyze how many blast holes it taken to achieve the production target of 80,000 tonnes in March 2015.

After blasting has done by using author geometrys, was known that boulder percentage in March 2015 was 5,57% from comparison of production blasting result. By doing the blast during in March 2015 for 3 times by using author geometrys, through the process of weighing the limestone before entering the stockpile, it can be discovered the actual production of limestone for that month amounted to 89 368 tonnes and the percentage of its production target for the month amounted to 103.7%, exceeding its production target. And taken a fee Rp. 2,435 to the cost per ton of limestone blasting.

Keywords:

Fragmentation, Production Target, *Input*, *Crusher*, *Boulder*, *Stockpile*, Geometry.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Mata Kuliah Kerja Praktek di Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Dalam proses kegiatan dan penyelesaian Tugas Akhir ini saya banyak menemui kesulitan, dan akhirnya dapat diselesaikan oleh bantuan berbagai pihak, dari maka itu saya ingin mengucapkan terimakasih banyak kepada:

1. Ibu saya Dra. Nilawati dan Ayah saya M. Rizal, S.H yang tidak pernah berhenti berdo'a dan lelah menghadapi saya yang masih belum serius mengahapi masa depan.
2. Teman saya Ririn Setia Pratiwi yang terus menyemangati, merubah pola pikir dan membuat saya ingin bekerja lebih keras, meninggalkan masa muda yang penuh dengan hura-hura.
3. Bapak Drs. Raimon Kopa M.T, Heri Prabowo S.T, M.T, Drs. Bambang Heriyadi M.T, Drs. Syamsul Bahri M.T dan Ibu Yoszi Mingsi Anaperta S.T, M.T yang telah membimbing, membantu dan memberi saya saran yang banyak dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman Mahasiswa Teknik Pertambangan, terima kasih untuk proses yang telah kita lalui bersama.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada seluruh pihak yang terlibat dalam Tugas Akhir saya di PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa ini.

Akhir kata dengan segala keikhlasan hati penulis mengucapkan terima kasih, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Padang, 20 April 2016

IRSYADUL FIKRI

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN 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 GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix

BAB I. PENDAHULUAN

A. LatarBelakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6

BAB II. TINJAUAN UMUM DAN KAJIAN TEORITIS

A. Deskripsi Perusahaan.....	8
1. Sejarah Perusahaan.....	8
2. Data Umum Perusahaan	9
3. Visi dan Misi Perusahaan	10
a. Visi	10
b. Misi	10

4. Lokasi dan Topografi	11
a. Lokasi.....	11
b. Topografi.....	11
5. Keadaan Iklim	12
6. Keadaan Curah Hujan.....	12
7. Suhu, Kelembapan dan Tekanan Udara	13
8. Geologi	14
9. Hidrogeologi	14
10. Hidrologi dan Kualitas Air	15
11. Bahan Baku.....	17
12. Target Produksi	17
13. Kualitas Batu Kapur	18
B. Kajian Teoritis.....	20
1. Peledakan	20
2. Sifat-Sifat Bahan Peledak	21
3. Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan	24
4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan	27
a. Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan	28
b. Faktor-faktor yang dapat dikendalikan	30
5. Pengisian Bahan Peledak	43
6. Loading Density	44
7. Powder Factor (PF)	44
8. Desain Peledakan	45
9. Hasil Peledakan.....	46
a. Target Produksi.....	46
b. <i>Fragmentasi</i> Peledakan	47
10. Faktor Ekonomi.....	53

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Penelitian.....	55
1. Jenis Penelitian.....	55
2. Waktu Penelitian	56
3. Lokasi Penelitian.....	56
B. Jenis Data dan Sumber Data Penelitian.....	57
1. Data Primer	57
2. Data Sekunder	57
3. Sumber Data.....	58
C. Teknik Pengambilan Data.....	58
1. Studi Literatur	58
2. Observasi di Lapangan	58
D. Teknik Analisa Data	61
1. Analisa Jumlah <i>Boulder</i>	61
2. Analisa Jumlah Batuan Yang Terbongkar	61
3. Analisa Jumlah Biaya	61
4. Pembuatan Geometri Peledakan	62
5. Perencanaan Jumlah Lubang Ledak Yang Dibutuhkan.....	62
6. Perhitungan Biaya Peledakan	62
E. Diagram Alir Penelitian.....	63

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Data Aktual di Lapangan	65
1. Laporan Peledakan (<i>Blasting Report</i>)	65
2. Data Pemboran.....	67
3. Pola Peledakan	68
4. Data Aktual Geometri.....	68
a. Volume Peledakan	68
b. Pemakaian Bahan Peledak.....	69
c. Analisa Hasil Peledakan.....	71

5. Perhitungan Biaya Produksi Batu Kapur Bulan Maret	
2015	78
a. Biaya Pemboran.....	78
b. Biaya Peladakan.....	80
c. Total Biaya Produksi Batu Kapur Bulan Februari	
2015.....	83
d. Biaya Per Ton Batu Kapur Pada Bulan Februari	
2015.....	83
B. Penyelesaian Masalah.....	84
1. Evaluasi Geometri Peledakan Menurut R.L. Ash	
(1963)	84
a. Geometri Peledakan	84
b. Analisa Hasil Peledakan.....	88
c. Pemakaian Bahan Peledak.....	92
2. Desain Peledakan	96
a. Pola Pemboran	96
b. Pola Peledakan.....	96
c. First Movement Direction	97
3. Hasil Peledakan Dengan Rancangan Penulis.....	98
a. Laporan Peledakan (<i>Blasting Report</i>).....	98
b. Target Produksi.....	101
c. Fragmentasi	102
4. Perhitungan Biaya Produksi Batu Kapur Bulan Maret	
2015	104
a. Biaya Pemboran.....	105
b. Biaya Peladakan.....	107
c. Total Biaya Produksi Batu Kapur Bulan Maret	
2015.....	110
d. Biaya Per Ton Batu Kapur Pada Bulan Maret 2015	110

C. Pembahasan.....	111
1. Perbandingan Geometri Aktual dan Geometri usulan	111
2. Perbandingan Biaya Produksi Batu Kapur Aktual dan Usulan	112
3. Pembelian Batu Kapur	113
4. Gaji Tenaga Kerja.....	114
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	115
B. Saran	116
 DAFTAR PUSTAKA.....	118

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 1. Lokasi PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa.....	11
Gambar 2. Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan	26
Gambar 3. Orientasi Bidang Diskontinuitas	30
Gambar 4. Lubang Ledak Tegak dan Lubang Ledak Miring.....	32
Gambar 5. Pola Pemboran.....	33
Gambar 6. Perbedaan Pola Sejajar dan Pola Selang Seling.....	34
Gambar 7. Geometri peledakan Menurut R.L. ASH.....	37
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian	63
Gambar 9. <i>Blasting Report</i> pada Tanggal 9 Februari 2015	65
Gambar 10. <i>Blasting Report</i> pada Tanggal 20 Februari 2015	66
Gambar 11. <i>Blasting Report</i> pada Tanggal 25 Februari 2015	67
Gambar 12. Fragmentasi <i>Boulder</i> Hasil Peledakan	71
Gambar 13. Pengukuran Fragmentasi Batuan.....	72
Gambar 14. Pola Pemboran.....	96
Gambar 15. Pola Peledakan	97
Gambar 16. <i>First Movement Direction</i>	97
Gambar 17. <i>Blasting Report</i> pada Tanggal 7 Maret 2015	98
Gambar 18. <i>Blasting Report</i> pada Tanggal 18 Maret 2015	99
Gambar 19. <i>Blasting Report</i> pada Tanggal 24 Maret 2015	100
Gambar 20. Fragmentasi Hasil Peledakan Tanggal 7 Maret 2015.....	102
Gambar 21. Fragmentasi Hasil Peledakan Tanggal 18 Maret 2015.....	102
Gambar 22. Fragmentasi Hasil Peledakan Tanggal 25 Maret 2015.....	103

Gambar 23. Kaizan <i>KSZ100 DTH</i>	D-1
Gambar 24. Surat Keterangan Kegiatan Tugas Akhir	G-1
Gambar 25. <i>Power Gell</i>	H-1

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 1. Banyaknya Curah Hujan dan Jumlah Hari Hujan Menurut Bulan di Kecamatan Puger Tahun 2014.....	13
Tabel 2. Hasil Analisa Kualitas Air Saluran Drainase	15
Tabel 3. Bahan Baku Semen	17
Tabel 4. Target Produksi dan Realisasi Batu Kapur Tahun 2015	18
Tabel 5. Sifat Fisik dan Kimia Batu Kapur	19
Tabel 6. Skala <i>Mohs</i>	28
Tabel 7. Klasifikasi Jarak Antar Bidang Lemah	29
Tabel 8. Pembobotan Massa Batuan	52
Tabel 9. Geometri Peledakan Aktual	68
Tabel 10. Pemakaian <i>Power Gell</i> pada bulan Februari 2015.....	69
Tabel 11. Pemakaian <i>Ammonium Nitrate</i> (AN) bulan Februari 2015.....	69
Tabel 12. Pemakaian Pemakaian <i>Fuel Oil</i> (FO) bulan Februari 2015.....	70
Tabel 13. Parameter <i>Blastibility index</i>	74
Tabel 14. Parameter Ukuran Fragmentasi Berdasarkan Kuz-Ram Dari Geometri Aktual.....	75
Tabel 15. Persen <i>Boulder</i> Yang Tertahan Pada Ukuran Lubang Saringan (<i>Screen</i>).....	77
Tabel 16. Biaya Penggunaan Solar Kompresor Bulan Februari 2015	78
Tabel 17. Biaya Penggunaan Oli Kompresor Bulan Februari 2015.....	79
Tabel 18. Biaya Penggunaan Oli Alat Bor Bulan Februari 2015.....	79
Tabel 19. Biaya Tenaga Kerja Pemboran Bulan Februari 2015	79

Tabel 20. Biaya Tenaga Kerja Peledakan Bulan Februari 2015	82
Tabel 21. Total Biaya Produksi dan Pembelian Batu Kapur Bulan Februari 2015	83
Tabel 22. Persen Boulder Yang Tertahan Pada Ukuran Lubang Saringan (Screen).....	90
Tabel 23. Target Produksi dan Realisasi Batu Kapur Tahun 2015	101
Tabel 24. Biaya Penggunaan Solar Kompresor Bulan Maret 2015	105
Tabel 25. Biaya Penggunaan Oli Kompresor Bulan Maret 2015.....	105
Tabel 26. Biaya Penggunaan Oli Alat Bor Bulan Maret 2015.....	106
Tabel 27. Biaya Tenaga Kerja Pemboran Bulan Maret 2015	106
Tabel 28. Biaya Tenaga Kerja Peledakan Bulan Maret 2015	109
Tabel 29. Total Biaya Produksi Batu Kapur Pada Bulan Maret 2015	110
Tabel 30. Perbandingan Antara Geometri Aktual dengan Geometri Usulan	111
Tabel 31. Perbandingan Biaya dan Batu Kapur Aktual dan Usulan	112
Tabel 32. Pembelian Batu Kapur Pada Bulan Februari 2015	113
Tabel 33. Pengukuran Fragmentasi Batu Kapur Pada Bulan Februari 2015.....	A-1
Tabel 34. Pengukuran Fragmentasi Batu Kapur Pada Bulan Maret 2015.....	B-1
Tabel 35. Pembelian Batu Kapur	C-1
Tabel 36. Kebutuhan Bahan Baku Semen.....	E-1
Tabel 37. Target Produksi dan Realisasi Batu Kapur	F-1

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
Lampiran A. Pengukuran Fragmentasi Batu Kapur Pada Bulan	
Februari	A-1
Lampiran B. Pengukuran Fragmentasi Batu Kapur Pada Bulan	
Maret 2015	B-1
Lampiran C. Pembelian Batu Kapur	C-1
Lampiran D. Spesifikasi Alat Bor	D-1
Lampiran E. Kebutuhan Bahan Baku Semen.....	E-1
Lampiran F. Target Produksi dan Realisasi Batu Kapur.....	F-1
Lampiran G. Surat Keterangan Kegiatan Tugas Akhir	G-1
Lampiran H. Target Produksi dan Realisasi Batu Kapur	H-1

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri pertambangan di Negara berkembang Indonesia Semakin tahun semakin pesat banyak mengalami kemajuan di dalam bidangnya, diikuti dengan kebutuhan bahan baku pembuatan bangunan yang semakin tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pembuatan bangunan tersebut manusia terus menggali sumberdaya alam yang ada pada lapisan bumi. Yang mana nantinya dapat dimanfaatkan untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK).

Potensi batu kapur di Indonesia sangat besar dan hampir merata di seluruh Indonesia. Data yang pasti mengenai jumlah cadangan batu kapur di Indonesia belum ada, namun secara umum jumlah batu kapur Indonesia mencapai 28,678 milyar ton (Tushadi Madiadipoera, Direktorat Sumber Daya mineral, 1990) dengan perincian 61,376 juta ton sebagai cadangan terunjuk (*probable*) dan 28,616 juta ton sebagai cadangan terka (*possible*).

Penambangan sendiri adalah suatu kegiatan yang dilakukan baik secara sederhana (manual) maupun mekanis yang meliputi penggalian, pemberaian, pemuatan dan pengangkutan bahan galian. (Ensiklopedia Pertambangan Edisi 3 Tahun 2000). Salah satu ciri utama penambangan yakni bersifat *non renewable resources* yang artinya sumberdaya alam tersebut tidak dapat diperbarui.

PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa merupakan salah satu perusahaan swasta yang mengusahakan pertambangan batu kapur di Jawa Timur, yang diperoleh dari penambangan sendiri di Gunung Sadeng, beroperasi dengan kapasitas 300.000 ton/tahun yang dilaksanakan diatas lahan 100.000 m². Penambangan batu kapur dilakukan dengan cara tambang terbuka (*quarry*) dengan menggunakan *benching system* yaitu sistem penambangan yang membentuk jenjang-jenjang yang membagi areal penambangan menjadi beberapa *front* dan lantai kerja.

Salah satu kegiatan penambangan batu kapur adalah peledakan, dan beberapa parameter dari peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila target produksi terpenuhi dan diperoleh fragmentasi yang merata dengan persentase *boulder* (bongkah) kurang dari 15% dari jumlah batuan yang terbongkar per-peledakan. Namun pada bulan Februari 2015 diketahui bahwa target produksi dari PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa sebesar 86.000 ton tidak tercapai, karena yang diperoleh hanya sebesar 40.823 ton dan masih diperoleh persentase bongkah besar dari 15%, diketahui persentase *boulder* (bongkah) pada bulan tersebut yaitu sebesar 19,05%. Material hasil peledakan yang dinyatakan *boulder* (bongkah) lebih dari ukuran 80 cm, ketetapan tersebut sudah ditetapkan oleh ukuran gap bukaan *crusher*.

Untuk dapat mencapai target produksi pada bulan selanjutnya dan menghasilkan fragmentasi batu kapur sesuai input *crusher*, serta menghitung biaya peledakannya, maka dari itu penulis tertarik untuk mengangkat judul ***“Kajian Teknis dan Ekonomis Peledakan Untuk Mencapai Target Produksi dan Mendapatkan Fragmentasi Batu Kapur Sesuai Input Crusher di PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa, Jawa Timur”***.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan, maka dapat ditarik beberapa permasalahan yaitu :

1. Penggunaan geometri peledakan yang belum optimal pada bulan Februari 2015 mengakibatkan ukuran fragmentasi hasil peledakan tidak sesuai dengan *input crusher*.
2. Penggunaan bahan peledak yang kurang dari kebutuhannya menimbulkan adanya *boulder*.
3. Jumlah lubang ledak yang kurang mengakibatkan target produksi dari PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa sebesar 86.000 ton pada bulan Februari 2015 tidak tercapai.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan secara terstruktur dan terorganisir, maka penelitian ini perlu adanya batasan masalah, dan penelitian hanya dibatasi pada:

1. Pembuatan geometri peledakan untuk bulan Maret 2015 agar fragmentasi batuan dapat disesuaikan dengan *input crusher*, yaitu kecil dari 80 cm.
2. Merencanakan jumlah lubang ledak untuk bulan Maret 2015 agar target produksi sebesar 86.000 ton dari PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa pada bulan tersebut tercapai.
3. Perhitungan biaya yang dibutuhkan dalam peledakan untuk mencapai target produksi 86.000 ton pada bulan Maret 2015 dan mengatasi fragmentasi hasil peledakan yang belum optimal, yaitu besar dari 80 cm.
4. Melakukan peledakan dengan geometri dan jumlah lubang ledak yang telah direncanakan dan dianalisa oleh penulis.
5. Membandingkan hasil produksi peledakan dan fragmentasi hasil peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2105 dan geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015.
6. Membandingkan biaya operasi peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2015 dan geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah diuraikan di atas maka untuk lebih terarahnya penelitian ini, maka penulis merumuskan permasalahan diantaranya :

1. Bagaimana rancangan geometri peledakan untuk bulan Maret 2015 agar fragmentasi batuan dapat disesuaikan dengan *input crusher*, yaitu kecil dari 80 cm?
2. Berapa jumlah lubang ledak yang dibutuhkan untuk bulan Maret 2015 agar target produksi sebesar 86.000 ton dari PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa pada bulan tersebut tercapai?
3. Berapa biaya yang dibutuhkan dalam peledakan untuk mencapai target produksi 86.000 ton pada bulan Maret 2015 dan mengatasi fragmentasi hasil peledakan yang belum optimal, yaitu besar dari 80 cm?
4. Bagaimana hasil produksi peledakan dan fragmentasi hasil peledakan setelah dilakukan geometri peledakan usulan?
5. Bagaimana perbandingan hasil produksi peledakan dan fragmentasi hasil peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2015 dan geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015?
6. Bagaimana perbandingan biaya peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2015 dan geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui geometri peledakan yang sesuai pada bulan Maret 2015 agar fragmentasi batuan dapat disesuaikan dengan *input crusher*, yaitu kecil dari 80 cm.
2. Untuk mengetahui berapa jumlah lubang ledak yang dibutuhkan pada bulan Maret 2015 agar target produksi sebesar 86.000 ton dari PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa pada bulan tersebut tercapai
3. Untuk mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan agar target produksi peledakan sebesar 86.000 ton pada bulan Maret 2015 tercapai dan menghasilkan fragmentasi ≤ 80 cm sesuai *input crusher*.
4. Untuk mengetahui apakah target produksi pada bulan Maret 2015 tercapai dan mengetahui ukuran fragmentasi hasil peledakan menggunakan geometri usulan, setelah dilakukan perencanaan dan analisa geometri peledakan.
5. Untuk mengetahui perbandingan hasil produksi peledakan dan fragmentasi hasil peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2015 dan geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015.
6. Untuk mengetahui perbandingan biaya peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2015 dan geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kemampuan dan keterampilan dalam menganalisis suatu masalah serta dapat menuangkan ide-ide kritis dalam bentuk karya tulis ilmiah.
2. Bagi peneliti sebagai penambah wawasan dan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang peledakan.
3. Perusahaan akan diuntungkan dengan tercapainya target produksi dan fragmentasi batuan hasil peledakan sesuai dengan *input crusher*.
4. Dapat menjadi data dalam melakukan penelitian selanjutnya serta menjadi referensi penulisan.
5. Untuk memenuhi Tugas Akhir jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
6. Dapat dijadikan sebagai dasar untuk kebijakan perusahaan dalam melaksanakan persiapan kegiatan peledakan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN UMUM DAN KAJIAN TEORITIS

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah Perusahaan

PT Cement Puger Jaya Raya Sentosa adalah salah satu produsen semen berkualitas di Indonesia, yang memproduksi semen portland pozolan berkualitas sesuai SNI 15-0302-2004 dengan harga yang terjangkau di Indonesia dengan merek SEMEN PUGER.

Perusahaan ini berlokasi di Desa Puger Kulon, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember. Perusahaan ini beroperasi dengan kapasitas 300.000 ton/tahun dilaksanakan diatas lahan 100.000 m². Perusahaan ini terbentuk dari Penanaman Modal Asing dalam bentuk kerjasama antara Mr Lin QiQin (RRC) dengan Mr.Hengky Soegiharto Gunawan (Jember Indonesia) yang telah mendapatkan persetujuan dari Badan Koordinasi Penanaman Modal Asing Jakarta pada tanggal 30 Juni 2006, yang diperbaharui dengan Izin Prinsip No.482/I/IP/III/PMA/2009 dan didirikan berdasarkan Akta Notaris Elly Herawati Sutejo S.H, nomor 25 tanggal 4 April 2008 dan Surat Izin Usaha Industri No 530/1783/436.314/2008. Perusahaan ini memiliki komitmen untuk menjadi perusahaan terkemuka sebagai produsen semen yang berkualitas, kokoh dan tangguh berwawasan lingkungan serta kuat dalam persaingan global sehingga dapat memberikan keuntungan bagi pemegang saham serta kesejahteraan karyawan dan berkomitmen terhadap

tanggung jawab sosial (Corporate Social Responsibility) dan tata kelola perusahaan yang baik (Good Corporate Governance).

Sebagai wujud komitmennya kepada lingkungan, perusahaan telah dilengkapi dengan dokumen ANDAL, RKL dan RPL yang mendapatkan persetujuan Gubernur Jawa Timur Nomor 660/2588/203.2/2008, tanggal 11 Agustus 2008. Misi perusahaan adalah untuk menghasilkan produk semen yang berkualitas, kokoh dan tangguh serta mampu bersaing di pasar bebas, meningkatkan kualitas, produktifitas dan efisiensi yang berkesinambungan, berorientasi pada keuntungan dan memberikan nilai tambah bagi pemegang saham dan karyawan dan peduli terhadap masyarakat sekitar serta senantiasa berupaya menjaga kelestarian lingkungan dan berupaya agar Zero Accident dalam pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3), serta memberikan kontribusi kepada pemerintah dalam rangka peningkatan pertumbuhan ekonomi daerah maupun nasional.

2. Data Umum Perusahaan

Berikut ini merupakan data umum dari perusahaan PT. Cement

Puger Jaya Raya Sentosa :

Nama : PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

Phone : +62 336 722 345

Fax : +62 336 723 518

Email : cs@semenpujer.com

Website : www.semenpujer.com

3. Visi dan Misi Perusahaan

a. Visi

Menjadi perusahaan terkemuka sebagai produsen semen yang berkualitas, kokoh dan tangguh berwawasan lingkungan serta kuat dalam persaingan global sehingga dapat memberikan keuntungan bagi pemegang saham serta kesejahteraan karyawan dan berkomitmen terhadap tanggung jawab sosial (*Corporate Social Responsibility*) dan tata kelola perusahaan yang baik (*Good Corporate Governance*).

b. Misi

- 1) Menghasilkan produk semen yang berkualitas, kokoh dan tangguh serta mampu bersaing di pasar bebas.
- 2) Meningkatkan kualitas, produktifitas dan efisiensi yang berkesinambungan.
- 3) Berorientasi pada keuntungan dan memberikan nilai tambah bagi pemegang saham dan karyawan.
- 4) Peduli terhadap masyarakat sekitar serta senantiasa berupaya menjaga kelestarian lingkungan dan berupaya agar *Zero Accident* dalam pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).
- 5) Memberikan kontribusi kepada pemerintah dalam rangka peningkatan pertumbuhan ekonomi daerah maupun nasional.

4. Lokasi dan Topografi

a. Lokasi

PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa berlokasi di Desa Puger Kulon, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Jarak tempuh lewat jalan raya ± 245 kilometer dari kota Surabaya, dengan titik koordinat S : $08^{\circ} 21' 311''$ E : $113^{\circ} 28' 537''$.



Sumber : Google Earth Tahun 2015

Gambar 1. Lokasi PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

b. Topografi

Dilihat dari kondisi topografi yang ditunjukkan dengan kemiringan tanah atau elevasi, sebagian besar wilayah PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa (36,60%) berada pada wilayah datar dengan kemiringan lahan 0 – 2%. Selanjutnya wilayah yang bergelombang

sampai berbukit dengan kemiringan sangat curam di atas 40% menempati wilayah 31,28%, Selebihnya wilayah landai sampai bergelombang, dengan kemiringan antara 2 – 15% menempati wilayah 20,46%, sedangkan daerah bergelombang dengan kemiringan 15 – 40% menempati wilayah 11,66%, daerah tersebut mudah terkena erosi, maka diperlukan usaha pengawetan tanah dan air.

5. Keadaan Iklim

Iklim di Kota Jember adalah iklim tropis. Angka temperatur udara rata – rata adalah 28,3°C, dengan musim kemarau terjadi pada bulan Mei sampai bulan Agustus dan musim hujan terjadi pada bulan September sampai bulan Januari. Curah hujan cukup banyak yakni berkisar antara 1.969 mm sampai 3.394 mm. Arah angin terbanyak yang bertiup di Kabupaten Jember adalah ke arah Barat Daya, dengan kecepatan angin rata – rata 6 knot sedangkan kelembaban udara rata – rata 78 % dan lamanya penyinaran matahari rata – rata 8 jam (08.00 – 16.00 WIB).

6. Keadaan Curah Hujan

Khusus untuk lokasi kegiatan, yaitu di Kecamatan Puger curah hujan rata – rata tahunan pada stasiun pengukuran Desa Puger pada Tahun 2014 adalah 109,7 mm. Tabel berikut menunjukkan curah hujan bulanan (mm) dan hari hujan di Desa Puger Kecamatan Puger.

Tabel 1.
Banyaknya Curah Hujan dan Jumlah Hari Hujan
Menurut Bulan di Kecamatan Puger Tahun 2014

Bulan	Curah Hujan (mm)	Jumlah Hari Hujan
Januari	144	10
Pebruari	54	5
Maret	47	5
April	179	9
Mei	108	7
Juni	0	0
Juli	0	0
Agustus	0	0
September	0	0
Oktober	0	0
November	53	3
Desember	340	15
Total	925	-
Rata – rata	109,7	-

Sumber : BPS Jember Tahun 2014

Dari data curah hujan pada tabel di atas, rata-rata curah hujan bulanan tertinggi di Kecamatan Puger terjadi pada bulan Desember (340 mm) dan terendah pada bulan Juni - Oktober (0 mm) dan jumlah hari hujan tertinggi yaitu pada bulan Desember yaitu sebanyak 15 hari dan jumlah hari hujan terendah pada bulan Juni – Oktober (0).

7. Suhu, Kelembapan dan Tekanan Udara

Suhu udara rata-rata bulanan dalam 1 tahun terakhir berkisar antara 28,3°C, sedang kelembaban rata-rata berkisar 78%. Kecepatan angin rata-rata di Kabupaten Jember adalah 6 knot dengan arah angin paling banyak adalah ke Barat Daya, sedangkan tekanan udara rata – rata di Kabupaten Jember adalah 1009 Mbs.

8. Geologi

Wilayah Puger dalam tatanan geologi regional termasuk dalam jalur pegunungan selatan (jalur pegunungan disebelah selatan Jawa Timur bagian selatan) yang didominasi oleh Formasi Puger, yaitu:

Struktur yang bagian atasnya adalah batuan kapur hablur dan kalkernit, di bagian bawah, sisipan batu lempung berkarbon atau tufaan dengan sedikit kapuran, sebagian terpulamkan dan terpiritkan akibat pengaruh terobosan andesit sehabis magmatic, kumpulan *foraminifera* besar maupun kecil menunjukkan umur satuan ini pada waktu *Miosen* awal sampai awal *Miosen* tengah dengan lingkungan pengendapan laut dangkal.

9. Hidrogeologi

Daerah Puger, merupakan dalam kategori wilayah dengan sifat akuifer produktif dengan penyebaran luas. Menurut tinjauan hidrogeologi daerah ini termasuk wilayah yang ditutupi oleh batuan lepas dengan kelulusan sedang sampai tinggi serta memiliki sifat untuk meneruskan air cukup baik.

Akuifer utama di wilayah air tanah ini berupa lapisan pasir dan kerikil yang terdapat dalam lapisan batuan tak homogeny (inhomogenous) hasil endapan gunung berapi dan endapan alluvium. Akuifernya mengandung air tanah tertekan karena terkurung oleh lapisan tufa atau rombakan bahan gunung api berbutir halus dan terkurung lapisan lempung. Ciri *akuifer* sangat beragam ditunjukkan oleh kemampuan jenis *akuifer* yang berkisar antara 0,5 – 20 liter/detik. Pada beberapa lokasi di dekat pantai,

instruksi air laut berpengaruh terhadap air tanah dangkal, namun untuk kondisi air tanah yang lebih dalam lagi masih dapat ditemukan instruksi air laut.

10. Hidrologi dan Kualitas Air

Terdapat saluran drainase yang berada di sebelah barat lokasi proyek tepatnya disamping jalan puger. Saluran ini menerima air limpasan yang berasal dari area sekitar proyek. Dimana pada kondisi eksisting saluran drainase ini digunakan sebagai badan air penerima limbah cair buangan dari kegiatan yang ada di pabrik semen PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa antara lain : air limbah buangan rumah tangga, air buangan *boiler* dan *cooling tower* dan lain – lain. Untuk mengetahui kondisi rona awal kualitas fisik – kimia titik sampling diambil pada air saluran drainase. Tabel berikut adalah hasil analisa laboratorium

Tabel 2.
Hasil Analisa Kualitas Air Saluran Drainase

No.	Test Description	Sample Result 1	Regulatory Limit	Unit	METHOD
	Physical Properties				
1	Temperature	31.8	Air Temp. $\pm$ 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI 06-6989.23-2005
2	Total Dissolved Solids, TDS	526	2000	mg/L	SNI 06-6989.27-2004
3	TOTAL Suspended Solids, TDS	17	400	NTU	SNI.06-6989.3-2004
	Chemical Properties (Inorganic)				
1	pH	7.74	5.0 – 9.0	pH Unit	SNI.06-6989.11-2004
2	Barium, Ba	<0.0038	-	mg/L	SNI 06-6989.39-2005
3	Iron, Fe	<0.0014	-	mg/L	SNI 6989.4-2009
4	Boron, B	<0.0015	1.0	mg/L	APHA 4500 B-2005
5	Manganese, Mn	<0.0015	-	mg/L	SNI 6989.5-2009
6	Copper, Cu	<0.0014	0.2	mg/L	SNI 6989.6-2009
7	Zinc, Zn	<0.0015	2.0	mg/L	SNI.06-6989.7-2004

No.	Test Description	Sample Result 1	Regulatory Limit	Unit	METHOD
8	Hexavalent Chromium, Cr ⁶⁺	<0.01	1.0	mg/L	SNI 6989.71-2009
9	Cadmium, Cd	<0.0018	0.01	mg/L	SNI 6989.16-2009
10	Mercury, Hg	<0.000002	0.005	mg/L	APHA 3112 B-2005
11	Lead, Pb	<0.0010	1.0	mg/L	SNI 6989.8-2009
12	Arsenic, As	<0.00004	1.0	mg/L	SNI 06-6989.54-2005
13	Selenium, Se	<0.00003	0.05	mg/L	APHA 3114 B-2005
14	Cobalt, Co	<0.0015	0.2	mg/L	SNI 6989.68-2009
15	Chloride, Cl	32	-	mg/L	SNI 6989.19-2009
16	Sulfate, SO ₄	123	-	mg/L	SNI 6989.20-2009
17	Cyanide, CN	<0.01	-	mg/L	SNI 6989.77-2011
18	Fluoride, F	0.53	-	mg/L	SNI 06-6989.29-2005
19	Free Chlorine, Cl ₂	0.03	-	mg/L	EL 36.026(Spectrophotometri)
20	Nitrate, NO ₃ -N	0.8	20.0	mg/L	EL 36.031(Spectrophotometri)
21	Nitrite, NO ₂ -N	0.1	-	mg/L	SNI.06-6989.9-2004
22	Free Ammonium, NH ₃ -N	0.02	-	mg/L	SNI 06-6989.30-2005
23	Biochemical Oxygen Demand, BOD ₅	3	12	mg/L	SNI 6989.72-2009
24	Chemical Oxygen Demand, COD	10	100	mg/L	SNI 6989.73-2009
25	Dissolved Oxygen, DO	5.1	0	mg/L	SNI.06-6989.14-2004
26	Surfactants, MBAS	<0.025	-	mg/L	SNI 06-6989.51-2005
27	Oil and Grease	<2.7	-	mg/L	SNI.06-6989.10-2004
28	Fecal Coli	116	2000	MPN/ 100 ml	SNI 01-3554-2006
29	Total Coli	1000	10000	MPN/ 100 ml	SNI 01-3554-2006

Sumber :Hasil pengujian air yang diambil di lokasi Pembangunan pabrik semen PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa yang dilakukan oleh Envilab Gresik Tahun 2014

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 2 kualitas air pada saluran drainase pada parameter pH, klorid, sulfat, cyanide, nitrat, nitrit dan DO (oksigen terlarut) telah melebihi baku mutu yang dipersyaratkan. Hal ini dikarenakan beroperasinya pabrik semen yang sudah memberikan pengaruh terhadap lingkungan sekitarnya, satu diantaranya adalah pada air.

11. Bahan Baku

Bahan baku berupa batu kapur (limestone) pihak perusahaan PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa melakukan penambangan sendiri yang langsung didapat dari eksploitasi gunung Sadeng, pasir besi, tanah liat dan batu teras di datangkan dari perusahaan lain.

Pabrik Semen Puger dirancang dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun dan penambahan kapasitas produksi sebesar 900.000 ton/tahun sehinggal total keseluruhan kapasitas produksi semen adalah 1.200.000 ton/tahun. Jumlah bahan baku yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.
Bahan Baku Semen

No	Bahan Baku	± Proporsi (%)
1	Kapur (<i>Limestone</i>)	82
2	Pasir Besi	13,5
3	Pasir Biasa	3
4	Tanah Liat	1,5

Sumber: PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

12. Target Produksi

Pada suatu perencanaan target produksi tambang, yang dinyatakan dalam periode waktu berdasarkan ton batu kapur yang akan dihasilkan pada tambang tersebut. Untuk menentukan target produksi terlebih dahulu PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa melakukan asumsi awal yang diperlukan untuk mengembangkan suatu produksi.

Asumsi awal ini diperoleh dari tingkat produksi batu kapur untuk tiap periode waktu dan dapat ditentukan dengan perbandingan tingkat

produksi yang dapat berubah tiap waktu. Setelah mendapatkan tingkat produksi batu kapur berdasarkan periode waktu. Kemudian dilakukan kegiatan penambangan, tahap yang memerlukan pembongkahan selama satu periode waktu untuk mencapai sasaran produksi

Tabel 4.
Target Produksi dan Realisasi Batu Kapur Tahun 2015

Bulan	Target	Realisasi	% Prod
Januari	86.000	58.567	68,1%
Februari	86.000	46.823	54,44 %
Maret	86.000	95.368	110,8%
April	86.000		
Mei	89.000		
Juni	89.000		
Juli	89.000		
Agustus	89.000		
September	89.000		
Oktober	95.000		
Novemver	95.000		
Desember	95.000		

Sumber: PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

13. Kualitas Batu Kapur

Susunan batu-batuan yang mengandung 50% CaCO_3 atau sering disebut dengan batu gamping (kapur) atau dengan istilah *Limestone*. Untuk membuat semen, faktor yang perlu diperhatikan adalah kandungan MgO , sebab kalau kadar MgO tinggi menyebabkan terjadinya perubahan bentuk semen setelah terjadi pengerasan, yaitu timbulnya retak-retak atau lengkungan-lengkungan. Untuk membuat semen, komposisi batu gamping dibatasi sebagai berikut: CaO minimal 50%, MgO maksimal 3%, H_2O maksimal 12%, berikut adalah kualitas batu kapur yang terdapat di PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

Tabel 5.
Sifat Fisik dan Kimia Batu Kapur

No.	Sifat Fisik	Keterangan
1.	Fase	Padat
2.	Warna	Putih Kekuningan
3.	Kadar air	7-10 % H ₂ O
4.	<i>Bulk density</i>	1,3 ton/m ³
5.	Berat jenis	2,4 ton/m ³
6.	Kekerasan	2,9 skala mohs
7.	Kandungan CaCO ₃	85 – 93%
8.	Kandungan CaO	• Low lime: 40 – 44% • High lime: 51 – 53%
9.	Silika ratio	2,60
10.	<i>Rock Factor</i>	5,57

Sumber: PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa

B. KAJIAN TEORITIS

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. Sifat – Sifat Bahan Peledak

Bahan peledak mempunyai bermacam-macam sifat. Untuk jenis bahan peledak Sifat fisik bahan peledak merupakan suatu kenampakan nyata dari sifat bahan peledak ketika menghadapi perubahan kondisi lingkungan sekitarnya. Kenampakan nyata inilah yang harus diamati dan diketahui tanda-tandanya oleh seorang juru ledak untuk mengidentifikasi

suatu bahan peledak yang rusak, rusak tapi masih bisa dipakai, dan tidak rusak. Sifat fisik bahan peledak yang harus diperhatikan adalah :

(sumber; *Diktat Teknik Pemberaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian, 2013*)

a. Densitas

Densitas secara umum adalah angka yang menyatakan perbandingan berat per volume.

b. Sensitivitas

Sensitivitas adalah sifat yang menunjukkan tingkat kemudahan atau kerentanan suatu bahan peledak untuk terinisiasi (meledak) akibat adanya dorongan dari luar dalam bentuk benturan (*impact*), gelombang kejut (*shock wave*), panas (*flame*), atau gesekan (*friction*).

c. Ketahanan Terhadap Air (*Water Resistance*)

Ketahanan bahan peledak terhadap air adalah ukuran kemampuan suatu bahan peledak untuk melawan air disekitarnya tanpa kehilangan sensitivitas. Apabila suatu bahan peledak larut dalam air dalam waktu yang pendek berarti bahan peledak tersebut mempunyai ketahanan terhadap air yang buruk, sebaliknya bila tidak larut dalam air disebut sangat baik (*excellent*). Contoh bahan peledak yang mempunyai ketahanan terhadap air yang buruk adalah ANFO (*Ammonium Nitrat, Fuel Oil*), sedangkan bahan peledak yang mempunyai ketahanan terhadap air yang sangat baik adalah emulsi, *watergel, slurries*.

d. Kestabilan Kimia (*Chemical Stability*)

Kestabilan kimia bahan peledak adalah kemampuan untuk tidak berubah secara kimia dan tetap mempertahankan sensitivitas selama dalam penyimpanan di dalam gudang dengan kondisi tertentu. Faktor-faktor yang mempercepat ketidak stabilan kimiawi antara lain panas, dingin, kelembaban, kualitas bahan baku, kontaminasi, pengepakan dan fasilitas gudang bahan peledak.

e. Karakteristik Gas (*Fumes Characteristic*)

Detonasi bahan peledak akan menghasilkan *fume*, yakni gas hasil peledakan yang mengandung racun (*toxic*), apabila proses pencampuran ramuan bahan peledak tidak sempurna yang menyebabkan terjadinya kelebihan atau kekurangan oksigen selama proses dekomposisi kimia bahan peledak berlangsung. Gas hasil peledakan yang tergolong *fume* antara lain *nitrogen monoksida (NO)*, *nitrogen oksida (NO₂)*, dan *karbon monoksida (CO)*.

Sangat diharapkan dari detonasi suatu bahan peledak komersial tidak menghasilkan gas-gas beracun, namun kenyataannya di lapangan hal tersebut sulit dihindari akibat beberapa faktor antara lain :

- 1) Pencampuran ramuan bahan peledak yang meliputi unsur oksida dan bahan bakar tidak seimbang, sehingga tidak mencapai *Zero Oxygen Balance*,
- 2) Letak primer tidak tepat,

- 3) Kurang tertutup karna pemasangan *Stemming* kurang padat dan kuat,
- 4) Adanya air dalam lubang ledak,
- 5) Sistem waktu tunda (*delay time system*) tidak tepat, dan
- 6) Kemungkinan adanya reaksi antara bahan peledak dengan batuan.

3. Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

Konsep yang dipakai adalah konsep pemecahan dan reaksi–reaksi mekanik dalam batuan *homogen*. Sifat mekanis dalam batuan yang *homogen* akan berbeda dari batuan yang mempunyai rekahan–rekahan *heterogen* seperti yang dijumpai dalam pekerjaan peledakan. Proses pecahnya batuan akibat dari peledakan dibagi dalam tiga proses yaitu: (a) *dynamic loading*, (b) *quasi-static loading*, dan (c) *release of loading* (Sumber ; Diktat Kuliah Teknik Peledakan, UNP).

a. Proses pemecahan tingkat I (*Dynamic Loading*)

Pada saat bahan peledak meledak, tekanan tinggi menghancurkan batuan di daerah sekitar lubang ledak. Gelombang kejut yang mengakibatkan lubang ledak merambat dengan kecepatan 9000 – 17000 ft/det akan mengakibatkan tegangan *tangensial*, yang menimbulkan rekahan yang menjalar dari daerah lubang ledak. Rekahan pertama menjalar terjadi dalam waktu 1 - 2 ms. Pada tahap ini terjadi penghancuran batuan disekitar lubang tembak dan energi ledakan diteruskan kesegala arah.

b. Proses pemecahan tingkat II (*Quasi-Static Loading*)

Tekanan sehubungan dengan gelombang kejut yang meninggalkan lubang ledak pada proses pemecahan tingkat I adalah positif. Apabila mencapai bidang bebas akan dipantulkan, tekanan akan turun dengan cepat, kemudian berubah menjadi negatif dan timbul gelombang tarik. Gelombang tarik ini merambat kembali di dalam batuan. Oleh karena itu batuan lebih kecil ketahanannya terhadap tarikan dari pada tekanan, maka akan terjadinya rekahan-rekahan primer yang disebabkan karena tegangan tarik dari gelombang yang dipantulkan. Apabila tegangan renggang cukup kuat, akan menyebabkan *slamming* atau *spalling* pada bidang bebas. Dalam proses pemecahan tingkat I dan II, fungsi dari gelombang kejut adalah menyiapkan batuan dengan sejumlah rekahan-rekahan kecil.

Secara teoritis energi gelombang kejut jumlahnya berkisar antara 5 – 15 % dari energi total bahan peledak. Jadi gelombang kejut menyediakan kesiapan dasar untuk proses pemecahan tingkat akhir. Pada tahap ini energi ledakan yang bergerak sampai bidang bebas menghancurkan batuan pada dinding jenjang tersebut.

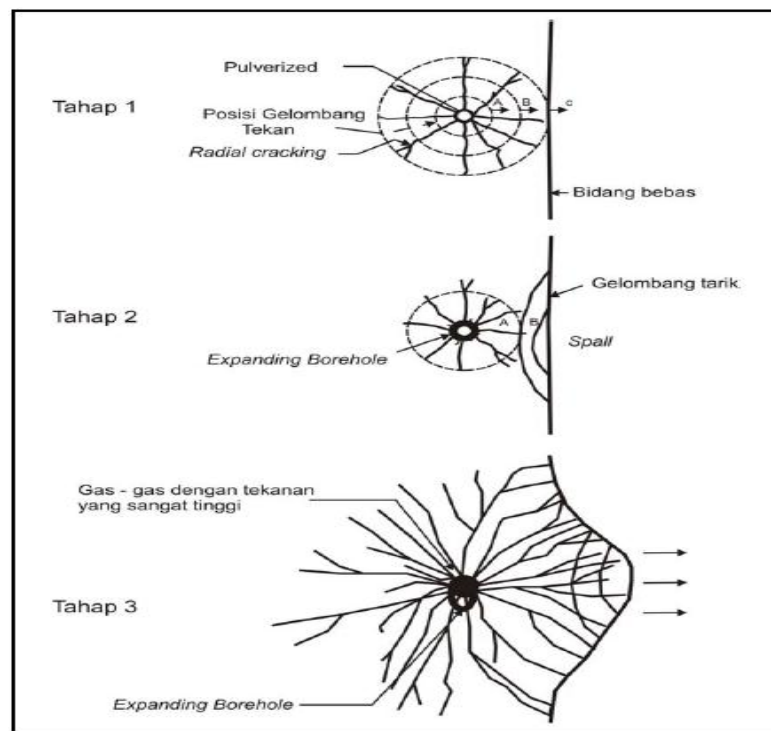
c. Proses pemecahan tingkat III (*release of loading*)

Dibawah pengaruh tekanan yang sangat tinggi dari gas-gas hasil peledakan maka rekahan *radial primer* (Tingkat II) akan diperlebar secara cepat oleh kombinasi efek dari tegangan tarik yang disebabkan kompresi radial dan pembagian (*pneumatic wedging*). Apabila massa

batuan didepan lubang ledak gagal dalam mempertahankan posisinya bergerak kedepan maka tegangan tekan tinggi yang berada dalam batuan akan dilepaskan.

Efek dari terlepasnya batuan adalah menyebabkan tegangan tarik tinggi dalam massa batuan yang akan melanjutkan pemecahan hasil yang telah terjadi pada proses pemecahan tingkat II. Rekahan hasil dalam pemecahan tingkat II menyebabkan bidang-bidang lemah untuk memulai reaksi-reaksi frakmentasi utama pada proses peledakan.

Pada tahapan terakhir ini energi yang dipantulkan oleh bidang bebas pada tahap sebelumnya akan menghancurkan batuan dengan lebih sempurna.



(sumber : supervisory 1996)

Gambar 2. Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

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

a. Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan

Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan manusia adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia. Hal ini disebabkan karena proses terjadinya secara alamiah dan faktor tersebut adalah:

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 6. 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 Mass 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

(*powderylfriable*), 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 2 di bawah ini :

Tabel 7. 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)

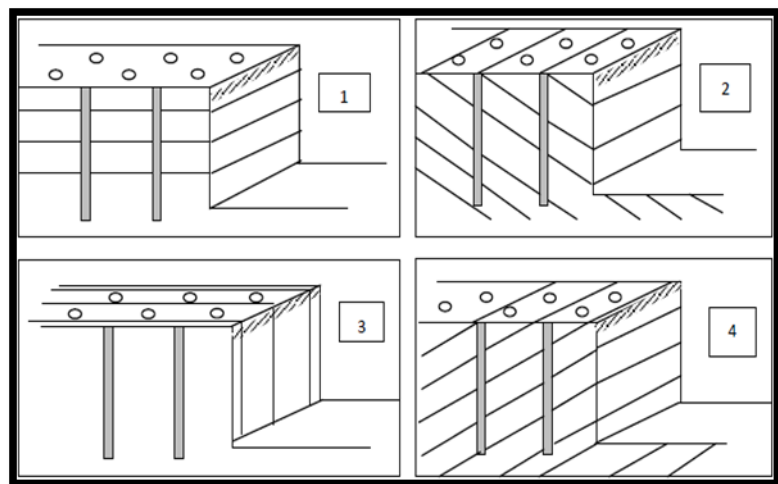
(1) *Joint Plane Orientation* (JPO)

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

- (a) *Horizontal* (orientasi bidang diskontinuitas sejajar bidang bebas), menghasilkan kemantapan lereng dan arah lemparan yang terkontrol.
- (b) *Dip Out of Face* (orientasi bidang ke arah pit), menyebabkan ketidakmantapan lereng dan menghasilkan *backbreak* berlebih.

(c) *Strike normal to face* (orientasi bidang diskontinuitas menyudut terhadap bidang bebas), akan menghasilkan muka jenjang berblok-blok dan terjadi hancuran yang berlebih.

(d) *Dip into Face* (orientasi bidang diskontinuitas kearah massa batuan), menyebabkan *toe* tidak hancur dan potensi batuan akan mengganggu.



(Sumber : Drill and Blast Department PT.CPJRS)

Gambar 3. Orientasi Bidang Diskontinuitas

b. Faktor-faktor yang dapat dikendalikan

Dalam peledakan terdapat faktor-faktor yang dapat dikendalikan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah:

1) Arah dan Kemiringan Lubang Ledak

Arah pemboran yang kita pelajari ada dua, yaitu arah pemboran tegak dan arah pemboran miring. Arah penjajaran lubang bor pada jenjang harus sejajar untuk menjamin keseragaman *burden*

yang ingin didapatkan dan *spasi* dalam geometri peledakan. Lubang tembak yang dibuat tegak, maka pada bagian lantai jenjang akan menerima gelombang tekan yang besar, sehingga menimbulkan tonjolan (*toe*) pada lantai jenjang, hal ini dikarenakan gelombang tekan sebagian akan dipantulkan pada bidang bebas dan sebagian lagi akan diteruskan pada bagian bawah lantai jenjang.

Adapun keuntungan dan kerugian dari masing-masing lubang adalah:

a) Lubang tembak tegak (vertikal) adalah:

(1) Keuntungannya:

- (a) Untuk tinggi jenjang yang sama, panjang lubang ledak lebih pendek jika dibandingkan dengan lubang ledak miring.
- (b) Kemungkinan terjadinya lontaran batuan lebih sedikit (*flying rock*)
- (c) Lebih mudah dalam pengerjaannya di lapangan.

(2) Kerugiannya:

- (a) Penghancuran sepanjang lubang tidak merata.
- (b) Fragmentasi yang dihasilkan kurang bagus terutama di daerah *stemming*.
- (c) Menimbulkan tonjolan-tonjolan pada lantai jenjang (*toe*).
- (d) Dapat menyebabkan retakan kebelakang jenjang (*back break*) dan getaran tanah.

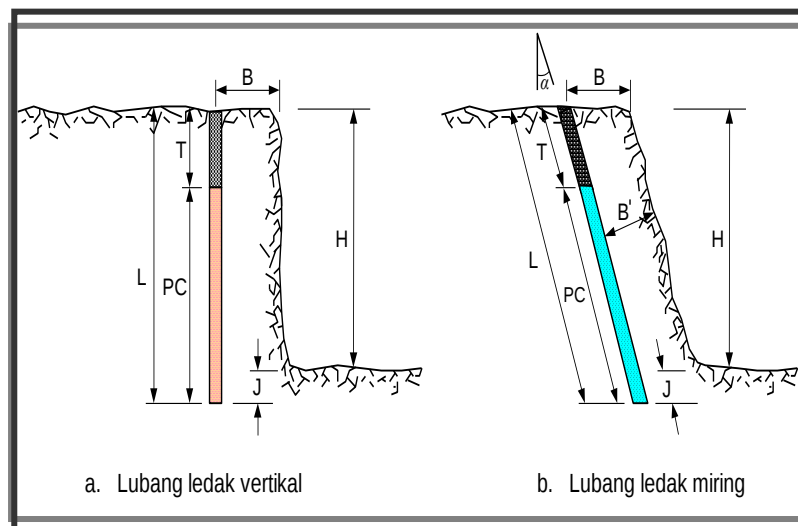
b) Lubang tembak miring adalah:

(1) Keuntungannya:

- (a) Bidang bebas yang terbentuk semakin besar.
- (b) Fragmentasi yang dihasilkan lebih bagus sesuai dengan yang diinginkan.
- (c) Dapat mengurangi terjadinya *back break* dan permukaan jenjang yang dihasilkan lebih rata.
- (d) Dapat mengurangi bahaya kelongsoran pada jenjang.

(2) Kerugiannya:

- (a) Kesulitan untuk menempatkan sudut kemiringan yang sama antar lubang.
- (b) Biaya operasi semakin meningkat.



Sumber: Satuan Kerja Penunjang Tambang

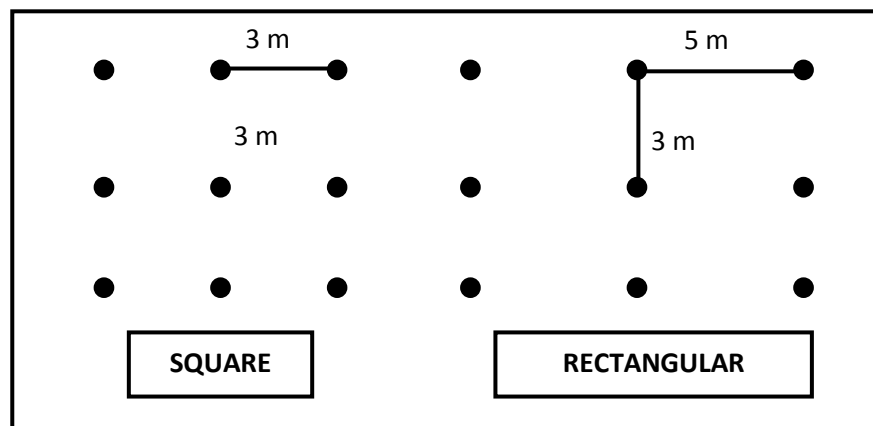
Gambar 4. Lubang Ledak Tegak dan Lubang Ledak Miring

2) Pola Pemboran

Pada umumnya ada dua macam pola pemboran lubang ledak, yaitu pola pemboran sejajar (*parallel*) dan pola pemboran selang-seling (*staggered*).

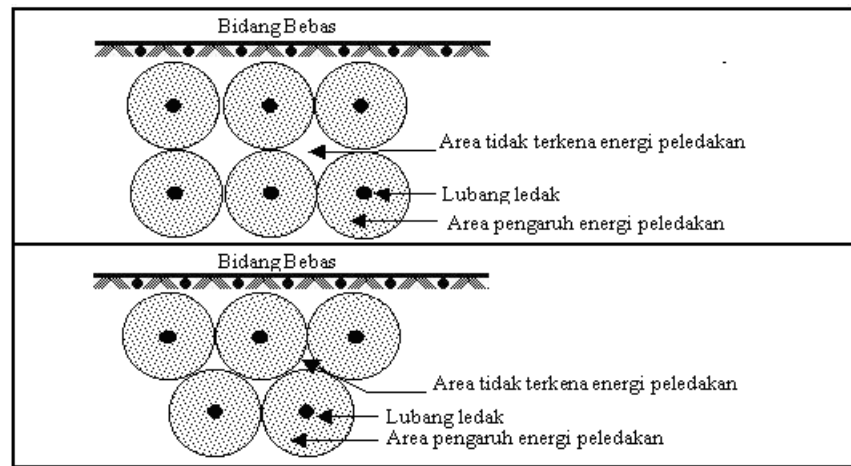
Pola pemboran sejajar adalah pola dengan penempatan lubang bor yang sejajar pada setiap kolomnya, sedangkan pola pemboran selang-seling adalah pola dengan penempatan lubang bor secara berselang-seling pada setiap kolomnya.

Pola pemboran sejajar merupakan pola yang lebih mudah diterapkan dilapangan, tetapi perolehan fragmentasi batuan nya kurang seragam. Sedangkan pola pemboran selang-seling lebih sulit penanganannya di lapangan namun fragmentasi batuan nya lebih baik dan seragam, hal ini disebabkan karena distribusi energi peledakan yang dihasilkan lebih optimal bekerja dalam batuan



Sumber: Diktat Teknik Pemberaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian 2013

Gambar 5. Pola Pemboran



Sumber: Diktat Teknik Pemberaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian 2013

Gambar 6. Perbedaan Pola Sejajar dan Pola Seling Seling

3) Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang-lubang ledak dalam satu baris dengan lubang tembak pada baris berikutnya ataupun antara lubang ledak yang satu dengan lubang ledak yang lainnya.

Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pola peledakan sebagai berikut:

- Kuat tekan batuan yang akan diledakkan
- Fragmentasi* hasil peledakan yang diinginkan.
- Bidang bebas yang ada serta arah jatuhnya batuan
- Jenis bahan peledak yang akan digunakan.

Berdasarkan arah runtuh batuan pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) *Box cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya kedepan dan membentuk kotak
- b) *Corner cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke salah satu sudut dari bidang bebas.
- c) "*V*" *cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya kedepan dan membentuk huruf V.

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 pola peledakan yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris setiap lubang tembak yang akan diledakkan harus memiliki ruang yang cukup ke arah bidang bebas terdekat agar energi terkonsentrasi secara maksimal sehingga lubang tembak akan terdesak, mengembang dan pecah.

4) Diameter Lubang Ledak

Ukuran diameter lubang ledak merupakan faktor yang penting dalam merancang suatu peledakan, karena akan mempengaruhi dalam penentuan jarak *burden* dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya.

Pemilihan diameter lubang tembak tergantung pada tingkat produksi yang diinginkan. Pemilihan ukuran diameter lubang tembak

secara tepat akan memperoleh hasil *fragmentasi* yang baik dan seragam.

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan diameter lubang tembak yaitu sebagai berikut:

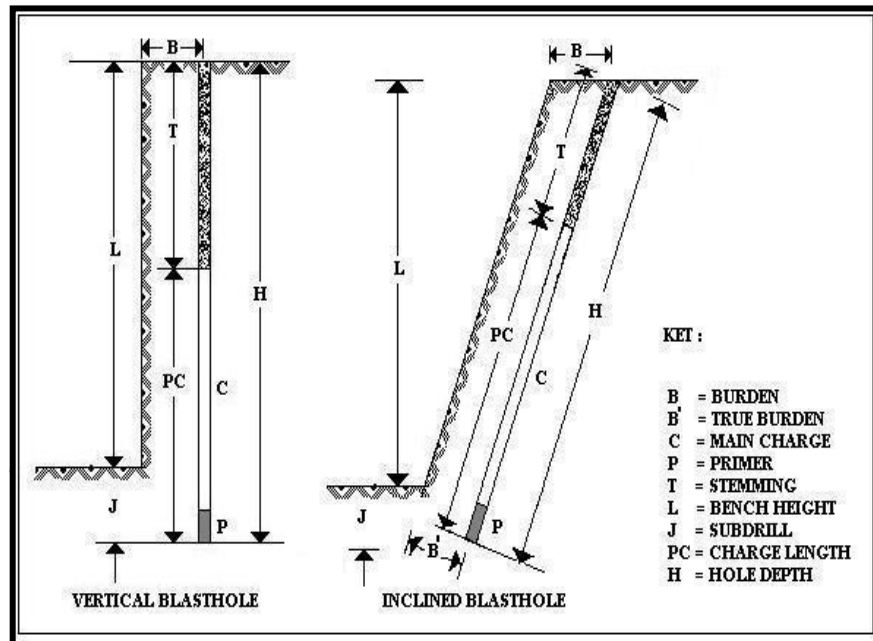
- a) Ukuran *fragmentasi* yang diinginkan.
- b) Bahaya getaran yang akan ditimbulkan.
- c) Biaya bahan peledak yang akan dibutuhkan.

Untuk diameter lubang tembak yang kecil, maka energi yang dihasilkan akan kecil, sehingga ukuran *fragmentasi* kurang baik, apabila diameter lubang besar, maka akan dapat memperbaiki kurun *fragmentasi*, karena isian bahan peledakan akan otomatis bertambah banyak, sehingga energy yang dihasilkan akan besar.

5) Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan suatu hal yang sangat menentukan hasil peledakan dari segi *fragmentasi* yang dihasilkan, rekahan yang diharapkan maupun dari segi jenjang yang terbentuk.

Dalam kegiatan peledakan, yang termasuk geometri peledakan adalah : *burden*, *spasi*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian, diameter lubang ledak dan tinggi jenjang.



Sumber: Diktat Teknik Pemberaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian, 2013

Gambar 7. Geometri peledakan Menurut R.L. ASH

Ada beberapa metode yang dikembangkan oleh para ahli peledakan untuk menentukan besaran-besaran geometri peledakan. Salah satu diantaranya adalah metode yang dikembangkan oleh R.L Ash tentang perhitungan geometri peledakan secara teoritis.

a) *Burden* (B)

Burden merupakan jarak tegak lurus terpendek antara lubang tembak yang diisi bahan peledak dengan bidang bebas atau ke arah mana batuan hasil peledakan akan terlempar.

Jarak *burden* yang baik adalah jarak dimana energi ledakan bias menekan batuan secara maksimal sehingga pecahnya batuan dapat sesuai dengan *fragmentasi* batuan yang direncanakan dengan mengupayakan sekecil mungkin terjadinya

batu terbang, bongkah, dan retaknya batuan pada batas akhir jenjang.

Batuan *standard* mempunyai bobot isi 160 lb/ft³, bahan peledak *standard* memiliki berat jenis 1,2, kecepatan detonasi 12000 fps, dan Kb *standard* (*burden ratio*) yaitu 30. Tetapi jika batuan dan bahan peledak yang akan diledakkan tidak sama dengan ukuran *standard* maka harga Kb *standard* itu harus dikoreksi menggunakan faktor penyesuaian (*adjustment factor*).

- Faktor penyesuaian (*adjustment factor*)

$$AF1 = \sqrt{\frac{SG\ handak \times (VOD\ handak)^2}{SG\ handak\ std \times (VOD\ handak\ std)^2}}$$

$$AF2 = \sqrt{\frac{D\ std}{D}}$$

- Kb terkoreksi = Kb *standart* x AF₁ x AF₂ Jadi :

$$B = \frac{Kb\ Terkoreksi \times De}{12}$$

Keterangan :

AF1 = faktor yang disesuaikan untuk bahan peledak yang dipakai

AF2 = faktor yang disesuaikan untuk batuan yang akan diledakkan

De = diameter lubang tembak (inchi)

D = bobot isi batuan yang diledakkan (lb/ft³)

D_{std} = bobot isi batuan *standard* (160 lb/ ft³)

B = *burden* (ft)

K_b = *burden ratio*

$K_{b_{std}}$ = *burden ratio standard* (30)

SG = berat jenis bahan peledak yang dipakai (ANFO = 0,8)

SG_{std} = berat jenis bahan peledak *standard* (1,20)

VOD = VOD bahan peledak yang dipakai (ANFO = 14.000 fp/s)

VOD_{std} = VOD bahan peledak *standard* (12.000 fp/s)

b) Spasi (S)

Spasi adalah jarak terdekat antara dua lubang tembak yang berdekatan di dalam satu baris (*row*).

Apabila jarak spasi terlalu kecil akan menyebabkan batuan hancur menjadi halus, tetapi bila spasi lebih besar daripada ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkah dan tonjolan diantara 2 lubang ledak setelah diledakkan.

$$- S = K_s \times B$$

Keterangan :

K_s = *spacing ratio* (1,00 – 2,00)

S = spasi (meter)

B = *burden* (meter)

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

- (1) Peledakan serentak, $S = 2B$
- (2) Peledakan beruntun dengan delay interval lama (*second delay*) $S = B$
- (3) Peledakan dengan *millisecond delay*, S antara $1B$ hingga $2B$.
- (4) Peledakan terdapat kekar yang tidak saling tegak lurus, S antara $1,2B$ hingga $1,8B$
- (5) Peledakan dengan pola *equilateral* dan beruntun tiap lubang ledak dalam baris yang sama, $S = 1,15B$

c) Stemming (T)

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor, yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak.

Fungsi *stemming* adalah supaya terjadi keseimbangan tekanan dalam lubang tembak dan mengurung gas – gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal.

Stemming yang cukup panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledak tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar *stemming* tersebut. Sedangkan *stemming* yang terlalu pendek dapat mengakibatkan timbulnya batuan terbang (*flying rock*) dan pecahnya batuan akan menjadi kecil.

Untuk penentuan tinggi stemming digunakan rumus seperti di bawah ini:

$$T = K_t \times B$$

Keterangan :

$$K_t = \text{stemming ratio (0,75 – 1,00)}$$

$$T = \text{stemming (meter)}$$

$$B = \text{burden (meter)}$$

d) *Subdrilling* (J)

Subdrilling merupakan bagian dari panjang lubang tembak yang terletak lebih rendah dari lantai jenjang. *Subdrilling* diperlukan agar batuan dapat meledak secara keseluruhan dan terbongkar tepat pada batas lantai jenjang, sehingga tonjolan – tonjolan pada lantai jenjang dapat dihindari. Rumusan yang digunakan adalah :

$$- J = K_j \times B$$

Keterangan :

$$K_j = \text{subdrilling ratio (0,2 – 0,3)}$$

$$J = \text{subdrilling (meter)}$$

$$B = \text{burden (meter)}$$

e) Kedalaman Lubang Tembak (L)

Kedalaman lubang ledak merupakan jumlah total antara tinggi jenjang dengan besarnya *subdrilling*. Kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan geoteknik. Rumus yang digunakan adalah :

$$- L = K_h \times B$$

Keterangan :

K_h = *hole depth ratio* (1,5 - 4,0)

L = kedalaman lubang tembak (meter)

B = *burden* (meter)

f) Panjang Kolom Isian (PC)

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

$$PC = H - T$$

Keterangan :

PC = panjang kolom isian (meter)

H = kedalaman lubang tembak (meter)

T = *stemming* (meter)

g) Tinggi Jenjang (H)

Secara spesifik tinggi jenjang maksimum ditentukan oleh peralatan lubang bor dan alat muat yang tersedia. Tinggi jenjang berpengaruh terhadap hasil peledakan seperti fragmentasi batuan, ledakan udara, batu terbang, dan getaran tanah. Berdasarkan perbandingan ketinggian jenjang dengan jarak burden yang diterapkan (*Stiffness Ratio*).

Penentuan ukuran tinggi jenjang berdasarkan *Stiffness*

Ratio digunakan rumus sebagai berikut :

$$L = 5 \times De$$

Keterangan :

L = tinggi jenjang minimum (meter)

De = diameter lubang tembak (inchi)

5. Pengisian Bahan Peledak

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat berpengaruh terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan. *Powder factor* adalah merupakan suatu bilangan untuk menyatakan berat bahan peledak yang dibutuhkan untuk menghancurkan batuan.

Semakin besar jumlah bahan peledak yang digunakan, maka akan mengakibatkan pelemparan batuan hasil pelemparan semakin jauh dan hal ini sering mengakibatkan terjadinya *fly rock* yang dapat membahayakan keselamatan pekerja tambang dan juga mesin-mesin yang ada serta bangunan di sekitar lokasi peledakan.

Sebaliknya bila bahan peledak yang digunakan kurang (tidak cukup) hal ini akan menimbulkan batuan *boulder*. Hal ini dapat terjadi karena bahan peledak tidak dapat memecahkan batuan yang ada atau beban untuk memecahkan batuan yang diberikan kepada bahan peledak melebihi bahan peledak itu sendiri.

6. Loading Density

Loading Density merupakan banyaknya bahan peledak untuk setiap panjang kolom lubang ledak yang dinyatakan dalam kg/m. (*diktat kuliah teknik peledakan, UNP*)

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

Keterangan :

De = *Loading Density* (Kg/m)

De = Diameter Lubang tembak (Inchi)

SG = *Spesific Gravity*

7. Powder Factor (Pf)

Powder faktor merupakan suatu bilangan untuk menyatakan jumlah material yang diledakkan atau dibongkar oleh sejumlah bahan peledak yang dapat dinyatakan dalam kg/ton. (*Raimon Kopa, diktat kuliah teknik pertambangan*)

$$\begin{aligned} Pf &= \frac{\text{berat bahan peledak}}{\text{volume batuan yang diledakkan}} \\ &= \frac{\text{Berat ANFO} + \text{Berat Power Gell}}{B \times S \times H} \end{aligned}$$

PF biasanya sudah ditetapkan oleh perusahaan karena merupakan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya dan juga karena berbagai pertimbangan ekonomi. Umumnya bila hanya berpegang pada aspek teknis hasil dari perhitungan matematis akan diperoleh angka yang besar yang menurut penilaian secara ekonomi masih perlu dan dapat dihemat. Dari

pengalaman di beberapa tambang terbuka dan quarry yang sudah berjalan secara normal, harga PF yang ekonomis berkisar antara 0,2 – 0,3 kg/m³.

8. Desain Peledakan

Desain peledakan digunakan untuk membuat rancangan peledakan sebelum diaplikasikan ke lapangan menggunakan software, software ini dikenal dengan *shotplus* yang berguna untuk memperkecil kesalahan dalam peledakan ketika penerapan di lapangan seperti hasil fragmentasi yang diinginkan, *back break*, *flying rock*, *misfire* dan getaran.

Dalam pengaplikasiannya, *shotplus* ini mempunyai beberapa fungsi tombol yang penting seperti *calculation* yang berguna untuk memasukkan data lengkap tentang perencanaan peledakan agar bisa membuat desainnya. Beberapa fungsi tombol *calculation* yang penting diantaranya adalah:

a. Edit Mode

Merupakan fungsi tombol *calculation* untuk memasukkan semua data *blasting* yang diperlukan mulai dari banyaknya lubang, kolom pengisian bahan bahan peledak serta *geometri* dan *explosive* yang dibutuhkan dalam perencanaan peledakan

b. Visualize

Berguna untuk melihat hasil peledakan setelah data yang diperlukan lengkap.

c. First Movement Direction

Digunakan untuk melihat arah batuan setelah terjadinya peledakan.

d. Time Envelope

Biasanya *time envelope* ini untuk melihat waktu peledakan antara lubang yang satu dengan lubang yang lainnya agar bisa memastikan apakah ada lubang ledak yang meledak secara bersamaan atau tidak.

9. Hasil Peledakan

a. Target Produksi

Pada tambang terbuka atau *quary*, yang umumnya menerapkan peledakan jenjang atau *bench blasting*, volume batuan yang akan diledakan tergantung pada burden, spasi kedalaman dan jumlah lubang. Persamaan umum yang digunakan untuk menentukan target produksi peledakan adalah :

$$V = B \times S \times H$$

$$V.\text{total} = B \times S \times H \times n \text{ (perhari)}$$

$$V.\text{total} = B \times S \times H \times n \text{ (bulan)}$$

$$\text{Tonase} = \text{BCM} \times \text{Density Batu Kapur}$$

Keterangan :

B = Burden (meter)

S = Spasing (meter)

H = Tinggi Jenjang (meter)

n = Banyak lubang

1) Penentuan Tonase Peledakan Per Hari

$$W = \frac{\text{Target Produksi Perbulan}}{\text{Jumlah Waktu Peledakan Perbulan}}$$

2) Tonase Peledakan Perlubang

$$W = (B \times S \times H) \times \text{Density Batu Kapur}$$

3) Penentuan Jumlah Lubang Ledak Per Hari

$$n = \frac{\text{Tonase peledakan per hari}}{\text{Tonase peledakan per lubang}}$$

4) Penentuan Jumlah Lubang Ledak Per Bulan

$$n = \text{Jumlah lubang ledak per hari} \times \text{Jumlah Waktu Peledakan Per Bulan}$$

b. *Fragmentasi Peledakan*

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau *boulder* diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) di tepi jalan tambang.

Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (*excavator* atau *shovel*) yang akan memuatnya ke dalam truck dan oleh ukuran *gap* bukaan *crusher*.

1) Klasifikasi Ukuran Partikel Fragmentasi

Fragmentasi adalah bentuk material hasil peledakan berdasarkan ukuran tertentu. Analogi dengan mekanisme penggerusan, energi diteruskan pada batuan oleh bahan 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.

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

a) *Over Size*

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

b) *Fines*

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

c) *Mid-Range*

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

2) Metode Pengukuran Fragmentasi

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

a) Pengayakan (*Sieving*)

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

b) *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*".

c) *Image analysis (Photographic)*

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

d) Manual (*Measurement*)

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

3) Prediksi Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram

Model Kuz-Ram merupakan gabungan dari persamaan *Kuznetsov* dan persamaan *Rossin – Rammler*. Persamaan

Kuznetsov memberikan ukuran fragmen batuan rata-rata dan persamaan *Rossin – Rammler* menentukan persentase material yang tertampung di ayakan dengan ukuran tertentu. Persamaan *Kuznetsov* (1973) adalah sebagai berikut :

$$X = A_o \times \left[\frac{v}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left[\frac{E}{115} \right]^{-0,63}$$

Keterangan :

X = Rata-rata ukuran fragmentasi

Ao = Faktor batuan (*Rock Factor*)

V = Volume batuan per lubang

Q = Jumlah bahan peledak ANFO tiap lubang

E = *Relative Weight Srength* bahan Peledak, untuk ANFO =
100

Menurut Konya (1990), untuk menentukan distribusi fragmen batuan hasil peledakan digunakan persamaan *Rossin –*

$$R = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n} \quad \text{Rammler, yaitu :}$$

Keterangan :

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

Xc = Karakteristik ukuran (cm)

X = Ukuran Ayakan (cm)

n = Indeks Keseragaman

Xc dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

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

Indeks n adalah indeks keseragaman yang dikembangkan oleh Cunningham dengan menggunakan parameter dari desain peledakan. Indeks keseragaman (n) ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

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

Keterangan :

B = Burden (m)

D = Diameter (m)

W = Standar deviasi lubang bor (m)

A = Ratio spasi/burden

PC = Panjang muatan handak (m)

H = Tinggi jenjang (m)

4) Pembobotan Faktor Batuan

Salah satu data masukan untuk model Kuz-Ram adalah faktor batuan yang diperoleh dari indeks kemampuledakkan atau *Blastability index* (BI). Nilai BI ditentukan dari penjumlahan bobot lima parameter yang diberikan oleh Lily (dalam Hustrulid, 1999), yaitu : *Rock mass description* (RMD), *join plane spacing* (JPS), *joint plane orientation* (JPO), *specific gravity influence*

(SGI), dan *Moh's hardness* (H). Parameter-parameter tersebut kenyataanya sangat bervariasi. Secara lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8.
Pembobotan Massa Batuan

PARAMETER	PEMBOBOTAN
1. <i>Rock mass description</i> (RMD)	
a. <i>Powdery/friable</i>	10
b. <i>Blocky</i>	20
c. <i>Totally massive</i>	50
2. <i>Joint plane spacing</i> (JPS)	
a. <i>Close</i> (spasi < 0,1 m)	10
b. <i>Intermediate</i> (spasi 0,1 – 1 m)	20
c. <i>Wide</i> (spasi > 1 m)	50
3. <i>Joint plane orientation</i> (JPO)	
a. <i>Horizontal</i>	10
b. <i>Dip out of face</i>	20
c. <i>Strike normal to face</i>	30
d. <i>Dip into face</i>	40
4. <i>Specific gravity influence</i> (SGI)	$SGI = 25 \times SG - 50$
5. <i>Hardness</i> (H)	1 – 10

Nilai *Blastability Index* (BI) dan faktor batuan (RF) dicari dengan persamaan sebagai berikut :

- 1) *Blastability index* (BI) = $0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$
- 2) Faktor batuan = $0,12 \times BI$

10. Faktor Ekonomi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan biaya pemboran dan peledakan adalah :

a. Kondisi Batuan

Kondisi dari batuan akan mempengaruhi terhadap biaya pemboran dan peledakan, adapun beberapa kondisi yang mempengaruhi antara lain :

1) Kekerasan dan Abrasiveness

Biaya terhadap komponen pemboran tinggi pada batuan yang sangat keras dan abrasive. Dan biaya peledakan besar pada batuan yang keras karena perlu bahan peledak dengan strength tinggi.

2) Struktur Geologi

Dapat mengakibatkan in-aligament pada daerah kontak perlapisan batuan. Pemborosan bahan peledak mungkin terjadi karena pengisian celah retakan, rekahan atau rongga di dalam batuan.

3) Kandungan Mineral dan Tekstur

Mineral-mineral berat bertekstur halus, BJ dan kuat tekan tinggi memboroskan bit.

4) Breaking Characteristic

Merupakan ukuran relative untuk menentukan tahanan batuan terhadap penghancuran. Setiap jenis batuan mempunyai sifat

khusus dan derajat kerusakan yang berhubungan dengan tekstur, komposisi mineral dan strukturnya yang dapat mempengaruhi distribusi fragmentasi hasil peledakan.

b. Biaya Pemboran

1) Kapasitas Pemboran

Kapasitas jangka pendek adalah kapasitas per daur (cycle) pemboran, biasanya dinyatakan dalam meter/ jam. Kapasitas jangka panjang adalah kapasitas per shift pemboran, biasanya dinyatakan dalam drillmeter / shift (drm / shift), m³/ shift atau ton / shift.

2) Biaya Bahan Bakar

Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan biaya untuk bahan bakar alat bor adalah :

- (a) efisiensi kerja alat bor
- (b) keadaan tempat kerja
- (c) jenis batuan

3) Biaya Tenaga Kerja

c. Biaya Peledakan

Biaya dalam peledakan, meliputi biaya-biaya :

- 1) Bahan peledak
- 2) Sistem penembakan
- 3) Alat pengisian
- 4) Tenaga kerja

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Geometri peledakan yang telah dirancang oleh penulis agar dapat menghasilkan fragmentasi batuan ≤ 80 cm, mempunyai nilai *burden* 4 m, *spacing* 4 m, *stemming* 3 m, kedalaman lubang ledak 10 m, *subdrilling* 1 m dan tinggi *bench* 9 m.
2. Dibutuhkan 270 lubang ledak agar target produksi sebesar 86.000 ton tercapai dengan menggunakan geometri peledakan yang telah dirancang oleh penulis.
3. Untuk mencapai target produksi 86.000 ton pada bulan Maret 2015 dan mengatasi fragmentasi hasil peledakan yang belum optimal, yaitu > 80 cm, dibutuhkan biaya sebesar Rp. 217.669.588,2.
4. Berdasarkan data realisasi batu kapur PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa pada bulan Maret 2015, diketahui bahwa batu kapur yang diproduksi sebesar 89.368 ton, melebihi target produksinya yang hanya 86.000 ton. Dan setelah dilakukan pengukuran *boulder* (bongkah) serta analisa yang dilakukan oleh penulis, diketahui bahwa fragmentasi batuan ≤ 80 cm memiliki nilai persentase sebesar 94,44% dari batu yang terbongkar, dengan persentase *boulder* (bongkah) hanya 5,57 %.

5. Berdasarkan data realisasi batu kapur PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa, hasil produksi peledakan dari geometri aktual yang digunakan pada bulan Februari 2015 diketahui bahwa PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa memproduksi batu kapur sebesar 40.823 ton dan hasil produksi peledakan dari geometri usulan yang digunakan pada bulan Maret 2015 sebesar 90.368. Dengan persentase *boulder* (bongkah) pada bulan Februari 2015 sebesar 19,05% dan pada bulan Maret 2015 sebesar 5,57 % yang diketahui dari pengukuran *boulder* (bongkah) serta analisa yang dilakukan oleh penulis.
6. Dari analisa dan pengolahan data maka dapat diketahui bahwa pada bulan Februari 2015 biaya yang dikeluarkan untuk per ton batu kapurnya yaitu sebesar Rp. 22.672 dan pada bulan Maret 2015 biaya yang dikeluarkan untuk per ton batu kapurnya yaitu sebesar Rp. 2.435.

B. Saran

Berdasarkan apa yang telah dilakukan penulis selama pengambilan data untuk penelitian maka penulis memiliki beberapa saran, antara lain:

1. Agar ukuran fragmentasi hasil peledakan sesuai dengan *input crusher*, Departemen Tambang Batu Kapur PT Cement Puger Jaya Raya Sentosa harus mengoptimalkan dan melakukan analisa terhadap geometri yang akan diterapkan dilapangan.
2. Dengan tidak tercapainya target produksi sebaiknya pihak Departemen Tambang Batu Kapur PT Cement Puger Jaya Raya Sentosa harus

menganalisa berapa jumlah lubang ledak yang dibutuhkan, sehingga target produksi yang telah direncanakan dapat tercapai.

3. Pembelian batu kapur adalah pemborosan yang besar, disarankan Departemen Tambang Batu Kapur PT Cement Puger Jaya Raya Sentosa memaksimalkan kegiatan penambang batu kapur nya sendiri, sehingga pembelian batu kapur tidak perlu dilakukan.
4. Alat pelindung diri yang masih kurang dan tidak lengkap dapat membahayakan pegawai yang bekerja di area penambangan, sangat diharapkan PT Cement Puger Jaya Raya Sentosa dapat mencukupi alat pelindung diri untuk pegawainya karena keselamatan dan kesehatan kerja adalah hal utama dalam seluruh kegiatan penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007. Diktat *Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian, Diklat Teknik Pemberaian Batuan* 2007. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Anonim, 2013. Diktat *Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian, Diklat Teknik Pemberaian Batuan* 2013. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Anonim, *Document, Addendum Analisis Dampak Lingkungan Hidup PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa*.
- Anonim, *Laporan, Data-data dan Arsip PT. Cement Puger Jaya Raya Sentosa*.
- Atmojo, Tri. (2011). “*Penyusunan Program Aplikasi Komputasi Perancangan Peledakan Pada Tambang Terbuka dengan Menggunakan Bahasa Pemograman Visual Basic 6*”. Skripsi. Yogyakarta.
- Hustrulid, W. (1999). *Blasting Principles For Open Pit Mining*. Colorado School Of Mines Golden. Colorado, USA.
- Koesnaryo, S. (2001). *Teori Peledakan*. Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.
- Moamar, Aprilia. “*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*”. Skripsi. Palembang.
- Ribeiro, Jose. (2013) “*Optimalisasi Teknis Pemboran Dan Peledakan Untuk Memenuhi Target Produksi Di Pt.Semen Gresik*”. Skripsi. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya.