

PROYEK AKHIR

**ANALISA GEOMETRI PELEDAKANUNTUK MENDAPATKAN
FRAGMENTASI YANG OPTIMUM DENGAN MENGGUNAKAN
RANCANGAN GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT R.L ASH DANICI-
EXPLOSIVE DI *FRONT* II BUKIT KARANG PUTIH PT. SEMEN
PADANG**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Dalam Menyelesaikan Program D-3 Teknik Pertambangan*



Oleh:

GENTI EMEL FERNANDA

BP/NIM : 2013/1308145

**Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : D-3 Teknik Pertambangan**

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
PADANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

"Analisa Geometri Peledakan Untuk Fragmentasi Yang Optimum Dengan Menggunakan Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash Dan Ici-Explosive Di Front II Bukit Karang Putih PT. Semen Padang"

Oleh:

Nama : Genti Emel Fernanda
BP/NIM : 2013/ 1308145
Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : D-3 Teknik Pertambangan

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing



(Yoszi Mingsi Anaperta, S.T, M.T)
NIP. 197903042008012010

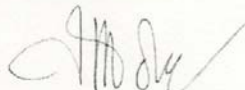
Diketahui oleh :

Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan



Drs. Raimon Kopa M.T
19580313 198303 1 001

Ketua Program Studi D3
Teknik Pertambangan



Ansosry, ST, MT
19730520 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN

PROYEK AKHIR

Dinyatakan Lulus oleh Tim Penguji Proyek Akhir
Program Studi D-3 Teknik Pertambangan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang




"Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang
Optimum Dengan Menggunakan Rancangan Geometri Peledakan Menurut
R.L. Ash Dan Ici-Explosive Di Front II Bukit Karang Putih PT. Semen
Padang"

Oleh:

Nama : Genti Emel Fernanda
BP/NIM : 2013/1308145
Konsentrasi : Tambang Umum
Program Studi : D-3 Teknik Pertambangan

Padang, 11 Agustus 2016

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Yoszi Mingsi Anaperta, ST, MT	1. 
2. Drs. Raimon Kopa, MT	2. 
3. Ansosry, ST, MT	3. 



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

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : GENTI EMEL FERNANDA
NIM/TM : 2013 / 1308145
Program Studi : D3. TEKNIK PERTAMBANGAN
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

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

” ANALISA GEOMETRI PELEDAKAN UNTUK MENDAPATKAN FRAGMENTAS YANG OPTIMUM DENGAN MENGGUNAKAN RANCANGAN GEOMETRI PELEDAKAN MENURUT R. LASH DAN ICI - EKSPLOSIFES DI FRONT II BUKIT KARANG PUTIH PT SEMEN PADANG ”

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, 12 AGUSTUS 2016

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

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



mbuat pernyataan,

GENTI EMEL FERNANDA



BIODATA



I. DATA DIRI

Nama Lengkap : Genti Emel Fernanda
TM / NIM : 2013 / 1308145
Tempat / Tanggal Lahir : Kampung Tengah/ 08 Juli 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Nama Ayah : Chendra Emel (Alm)
Nama Ibu : Evo Wardanis
Jumlah Bersaudara : 4 (Empat) orang
Alamat tetap : Kampung Tengah Balah Hilir Lubuk Alung
Kabupaten Padang Pariaman

II. DATA PENDIDIKAN

Sekolah Dasar : SD Negeri06 Lubuk Alung
Sekolah Menengah Pertama : SMP Negeri 01 Sintuk Toboh Gadang
Sekolah Menengah Atas : SMA Negeri 01 Lubuk Alung
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Proyek Akhir

Tempat Kerja Praktek : PT Semen Padang
Tanggal Kerja Praktek : 04 Januari 2016 s/d 04 Maret 2016
Topik Bahasan : *“Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimum Dengan Menggunakan Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash Dan Ici-Explosive Di Front II Bukit Karang Putih Pt. Semen Padang”*

Padang, 01 Juli 2016

(Genti Emel Fernanda)
BP/NIM: 2013/1308145

RINGKASAN

Genti Emel Fernanda, 1308145. Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimum Dengan Menggunakan Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash Dan Ici-Explosive Di Front Ii Bukit Karang Putih PT. Semen Padang

PT. Semen Padang adalah perusahaan semen nasional yang memiliki IUP Penambangan batu kapur di Bukit Karang Putih, Indarung, Padang - Sumatera Barat. Kegiatan penambangan batu kapur di Bukit Karang Putih oleh PT. Semen Padang dilakukan dengan sistem quarry. Parameter keberhasilan dari suatu kegiatan peledakan adalah fragmentasi batuan hasil peledakan.

Evaluasi produktivitas hasil peledakan dan fragmentasi batuan hasil peledakan dapat dilakukan dengan memperhatikan geometri peledakan. Berdasarkan geometri peledakan aktual saat ini, didapatkan volume hasil peledakan harian sebesar 14683,6 m³ serta didapatkan fragmentasi batuan yang berukuran >100 cm sebesar 12,39 %. Hal ini menunjukkan bahwa fragmentasi batuan hasil peledakan <100 cm belum optimum. Selanjutnya dilakukan perencanaan ulang geometri peledakan untuk mengoptimalkan distribusi fragmentasi peledakan dengan rumusan R. L Ash, ICI-Explosives.

Setelah dilakukan perhitungan geometri peledakan usulan berdasarkan geometri peledakan usulan menurut R.L. Ash, maka didapatkan hasil volume peledakan harian sebesar 14426,38 m³ dan persentase fragmentasi batuan berukuran >100 cm yaitu 7,81%. Selain itu, setelah dilakukan perhitungan geometri peledakan usulan berdasarkan geometri peledakan menurut ICI-Explosive didapatkan volume hasil peledakan sebesar 12155,44 m³ dan persentase fragmentasi batuan berukuran >100 cm yaitu 3,08 %. Berdasarkan data tersebut, maka rancangan geometri peledakan menurut R.L Ash lebih baik untuk diterapkan karena dengan menggunakan rancangan geometri peledakan menurut R.L Ash produktivitas lebih optimal dan fragmentasinya lebih optimum.

Kata kunci :geometri, produktivitas dan fragmentasi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Proyek Akhir ini sesuai dengan tenggang waktu yang telah disediakan. Pada Proyek Akhir ini penulis mengambil topik bahasan *“Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimum Dengan Menggunakan Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash Dan Ici-Explosive Di Front Ii Bukit Karang Putih Pt. Semen Padang”*.

Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan kuliah pada Program Studi Diploma-3 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terimakasih banyak atas semua fasilitas, bantuan, bimbingan dan saran yang telah penulis terima kepada:

1. ALLAH SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini dengan sebaik mungkin.
2. Yoszi Mingsi Anaperta, S.T, M,Tselaku Dosen Pembimbing PLI dan Pembimbing Akademik, yang selalu membimbing dan memberikan masukan untuk penulis menyelesaikan laporan ini.
3. Bapak Drs, Raimon Kopa MT selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Ansosri ST, MT selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Pertambangan.
5. Bapak Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd, selaku Ketua Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

6. Bapak Irfak Izma, selaku Kepala Biro Penambangan Dept. Tambang PT. Semen Padang.
7. Bapak Romi Abdilah, ST selaku pembimbing penulis di perusahaan.
8. Bapak Ilham Akbar, ST selaku pembimbing penulis di perusahaan.
9. Seluruh staf/karyawan di Departemen Tambang PT. Semen Padang.
10. Senior-senior Teknik Pertambangan Fakultas Teknik UNP.
11. Bang Ichsan Zusya Putra yang sudah membantu dan mendampingi penulis dalam mengerjakan proyek akhir ini.
12. Bang Joni, Bang Fransisko, Bang Yudi, Bang Yahdi, Bang Adi, Bang Dendi dan seluruh karyawan biro PPET yang telah mendampingi penulis selama melakukan pengambilan data.
13. Bang Yelmi, Bang Heru, Bang Lindo, Bang Aze, Bang Coky, Bang Vikby Dan Karyawan Di Camp Kampung Lerang yang sudah membantu penulis selama dilapangan.
14. Pak Fajar, Pak Radianto, Pak Bus, Pak Rajab, Bang Mardho, Pak Akang dan seluruh karyawan di kantor bordak yang telah menemani dan membimbing penulis dalam melakukan praktek dan pengambilan data.
15. Hafidh, Bonita, Roky, Bang Rifki, Bang Zamdhi, dan teman teman PKL PT. Semen Padang.
16. Teman-teman seperjuangan PLI di Semen Padang, Nurul, Tisa, Dina, yang telah sama-sama berjuang sewaktu PLI baik suka maupun duka.
17. Rekan-rekan dan teman-teman seperjuangan angkatan 2013 Teknik Pertambangan.

18. Terkhususnyakepada keluarga penulis, terutama orang tua yang selalu mendukung dan memberikan doa yang terbaik untuk anaknya, yang selalu mendukung penulis bisa semangat meraih impian baik secara materi dan non materi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Proyek Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu penulis menerima saran dan kritikan dari berbagai pihak demi perbaikan di masa-masa datang. Penulis berharap semoga Proyek Akhir ini dapat bermanfaat kiranya bagi pembaca dan penulis sendiri

Padang, 01 Juli 2016

Genti Emel Fernanda
1308145.2013

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	.i
LEMBAR PENGESAHAN PROYEK AKHIR.....	.ii
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN PROYEK AKHIR .....	.iii
LEMBAR PENGESAHAN PERUSAHAAN.....	.iv
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	.v
BIODATA .....	.v
RINGKASAN .....	.vi
KATA PENGANTAR.....	.vii
DAFTAR ISI .....	.x
DAFTAR GAMBAR.....	.xii
DAFTAR TABEL .....	.xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	.xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	.1
B. Identifikasi Masalah.....	.2
C. Batasan Masalah .....	.3
D. Rumusan Masalah .....	.4
E. Tujuan Penelitian .....	.4
F. Manfaat Penelitian .....	.5

BAB II KAJIAN TEORITIS

A. Sifat-sifat Bahan Peledak	6
B. Mekanisme Pecahnya Batuan	8
C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan	11
D. <i>Fragmentasi</i> Batuan	41

BAB III METODOLOGI PEMECAHAN MASALAH

A. Jadwal Kegiatan	44
B. Jenis Studi Kasus	44
C. Lokasi Penelitian	44
D. Data dan Teknik Pengambilan Data	51
E. Metode Analisis Data	52
F. Diagram Alir	53

BAB IV Analisa Data dan Pembahasan

A. Pengolahan Data	54
B. Pembahasan	61

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	88
B. Saran	89

DAFTAR PUSTAKA..... 90

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan.....	11
2. Lubang Ledak Tegak dan Lubang Ledak Miring	17
3. Pola Pemboran	18
4. Perbedaan Pola Sejajar dan Pola Selang Seling.....	19
5. Geometri peledakan Menurut R.L. Ash	21
6. Geometri peledakan Menurut <i>ICI-Eksplosives</i>	28
7. <i>Blasting Machine (Eksploder)</i>	34
8. <i>Blasting Ohm Meter (BOM)</i>	34
9. Kawat Utama (<i>lead wire</i>)	35
10. Kendaraan Transportasi	36
11. <i>Detonator Listrik</i>	37
12. <i>Detonator Nonel</i>	39
13. <i>Nonel Connector</i>	39
14. Booster	40
15. Anfo.....	40
16. Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah PT.Semen Padang.....	46
17. Peta Keadaan Geologi PT.Semen Padang.....	48
18. <i>Statigrafi</i> Bukit Karang Putih.....	49
19. Grafik Fragmentasi berdasarkan Geometri Usulan R.L. Ash.....	74
21. Grafik Fragmentasi berdasarkan Geometri Usulan ICI-Eksplosive.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kekerasan dan <i>CompressiveStrength</i>	14
2. Jadwal Kegiatan Praktek Lapangan Industri.....	44
3. Geometri Peledakan rata-rata di lapangan	54
4. Perbandingan Geometri Peledakan Aktual dengan Usulan R.LASH.....	66
5. Perkiraan ukuran batuan berdasarkan Geometri Usulan R.L ASH.....	73
6. Perbandingan Geometri Peledakan Aktual dengan Usulan ICI-explosives	79
7. Perkiraan ukuran batuan berdasarkan Geometri Usulan ICI-Eksplosives.....	86
Tabel 8. Perbandingan Geometri Aktual dan Rancangan.....	87

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Spesifikasi Alat Bor Sanvick Dp 1100 (Dm-03.....	90
Lampiran 2. Spesifikasi Alat Gali Muat.....	92
Lampiran 3. Spesifikasi Alat Angkut.....	95
Lampiran 4. Spesifikasi Alat Peremuk.....	97
Lampiran 5. Spesifikasi Bahan Peledak, Perlengkapan Dan Peralatan Peledakan.....	101
Lampiran 6. Faktor Batuan.....	107
Lampiran 7. Karakteristik Batuan.....	109
Lampiran 8. Data curah hujan.....	111
Lampiran 9. Peta topografi PT. Semen Padang.....	112
Lampiran 10. Pola rangkaian peledakan.....	113
Lampiran 11. Cycle Time Alat Muat Ex-2500-6 (Eh 06)	114
Lampiran 12. Produktivitas Excavator Backhoe Ex-2500-6 (Eh-06).....	115

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu sektor penting yang menjadi andalan pemerintah Indonesia untuk menambah devisa negara secara cepat adalah melalui sektor pertambangan. Dengan adanya kegiatan penambangan sumberdaya alam ini memberikan dampak positif bagi negara misalnyamemberikan kontribusi yang cukup besar bagi pendapatan nasional dan pendapatan daerah serta memberikan peluang lapangan pekerjaan bagi masyarakat lokal dan daerah.

Kebijakan pembangunan ekonomi selalu ditujukan untuk kesejahteraan dalam arti luas yang realitanya merupakan suatu proses yang menyebabkan pendapatan perkapita penduduk/masyarakat meningkat dalam jangka panjang. Seiring dengan tingginya permintaan kebutuhan semen sebagai bahan pokok dalam pembangunan akan menjadikan prospek masa depan cerah.

Melihat masa depan yang cerah dalam pemanfaatan semen sebagai sumber bahan pokok dalam pembangunan, maka PT. Semen Padang di daerah Lubuk Kilangan Kecamatan Indarung Kota Padang Provinsi Sumatera Barat, melakukan penambangan batu kapur dengan metode tambang terbuka (*quarry*).

Dalam aktivitas penambangan batu kapur, PT. Semen Padang melaksanakan pembongkaran batu kapur dengan peledakan. Keberhasilan proses peledakan ditunjukkan oleh produktivitas batuan hasil peledakan dan fragmentasi batuan hasil peledakan yang sesuai untuk proses selanjutnya,

yaitu *loading* dan *crushing*. Pada proses *loading*, fragmentasi batuan berperan dalam mengoptimalkan *digging rate excavator*. Kemudian agar proses *crushing* optimal, ukuran fragmentasi yang dibutuhkan *crusher* juga ditentukan yaitu <100 cm. Oleh karena itu distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan diupayakan harus memenuhi kriteria tersebut.

Namun dari kondisi peledakan yang dilakukan saat ini, fragmentasi batuan masih banyak yaitu $\pm 10-15\%$ batuan hasil peledakan yang berukuran besar (boulder) atau >100 cm. Sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang geometri peledakan, sehingga fragmentasi batu kapur hasil peledakan akan sesuai dengan kriteria yang ditentukan, untuk itu dari permasalahan tersebut penulis mengambil studi kasus dengan judul

“Analisa Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Yang Optimum Dengan Menggunakan Rancangan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash Dan Ici-Explosive Di Front II Bukit Karang Putih Pt. Semen Padang”

B. Identifikasi Masalah

Dalam pelaksanaan studi kasus, identifikasi masalah bertujuan untuk mempermudah dalam penyelesaian masalah yang akan di bahas. Dalam studi kasus ini identifikasi masalahnya adalah :

1. Produktivitas hasil peledakan.
2. Fragmentasi hasil peledakan yang belum optimal.
3. Geometri Peledakan yang belum sesuai.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah pada geometri peledakan dan fragmentasi hasil ledakan batu kapur di lokasi penambangan Front II Tambang Quarry PT. Semen Padang. Batasan yang didefinisikan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Study Kasus ini dilakukan di *Front II Bukit Karang Putih PT.Semen Padang*
2. Alat bor yang digunakan adalah Sandvick DM 03 dengan diameter 5,5 inch.
3. Bahan peledak yang digunakan adalah *DABEX* dan *detonator non-electric* (Nonel).
4. Surface delay yang digunakan pada proses peledakan memiliki panjang 5m.
5. Kriteria fragmentasi ukuran (*size*) batu kapur yang dibutuhkan *crusher* adalah <100 cm.
6. Untuk perencanaan ulang geometri peledakan, penulis menerapkan rumusan geometri peledakan menurut R.L Ash dan ICI-Explosive.

D. Rumusan Masalah

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

1. Berapa produktivitas aktual yang didapatkan pada saat proses peledakan?
2. Berapa persentase fragmentasi batu kapur hasil peledakan saat ini yang berupa *boulder*?
3. Berapa geometri usulan yang sesuai untuk memenuhi target produksi harian batu kapur di front II bukit karang putih.
4. Berapa persentase fragmentasi batu kapur hasil peledakan menggunakan Geometri Peledakan Usulan yang masih berupa *boulder*?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan studi kasus ini adalah :

1. Menganalisa geometri peledakan aktual untuk mendapatkan produktivitas maksimal.
2. Menganalisa geometri peledakan untuk mendapatkan fragmentasi yang optimal.
3. Menganalisa produktivitas dari geometri usulan untuk memenuhi target produksi.
4. Untuk mengetahui ukuran fragmentasi hasil peledakan setelah dilakukan analisa geometri peledakan.

F. Manfaat Penelitian

1. Untuk memenuhi Tugas Akhir jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang
2. Dapat dijadikan sebagai dasar untuk kebijakan perusahaan dalam melaksanakan persiapan kegiatan peledakan yang aman.
3. Bagi peneliti sebagai penambah wawasan dan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang peledakan.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. 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 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*)

1. Densitas

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

2. 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*).

3. 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*.

4. 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.

5. Karakteristik Gas (*Fumes Charateristic*)

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 :

- a. Pencampuran ramuan bahan peledak yang meliputi unsur oksida dan bahan bakar tidak seimbang, sehingga tidak mencapai *Zero Oxygen Balance*,
- b. Letak primer tidak tepat,
- c. Kurang tertutup karena pemasangan *Stemming* kurang padat dan kuat,
- d. Adanya air dalam lubang ledak,
- e. Sistem waktu tunda (*delay time system*) tidak tepat, dan
- f. Kemungkinan adanya reaksi antara bahan peledak dengan batuan.

B. 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 ; Supervisor Teknik Peledakan, 1996).

1. 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.

2. 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 *slambling* atau *spalling* pada bidang bebas. Dalam proses pemecahan tingkat I dan II, fungsi dari gelombang kejut adalah menyiapkan batuan dengan sejumlah rekahan-rekahan kecil.

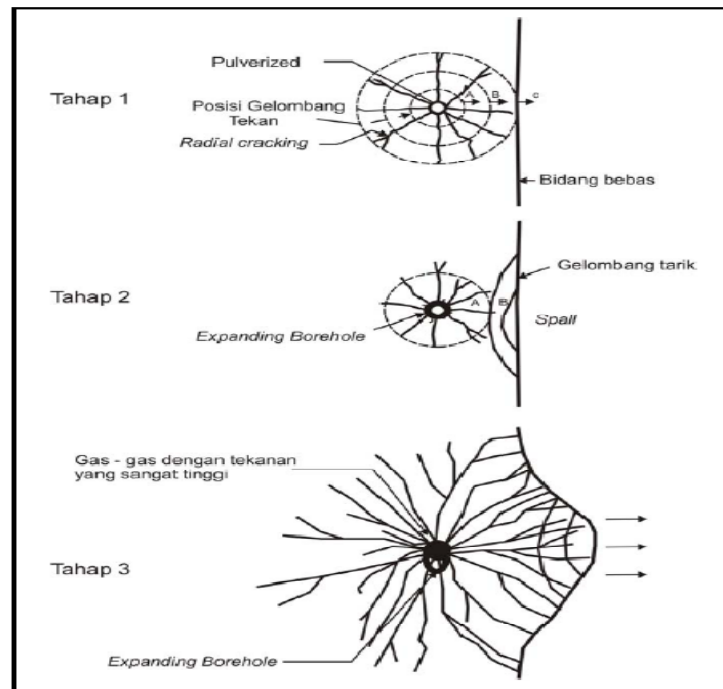
Secara teoritis energi gelombang kejut jumlahnya berkisar antara 5 – 15 % dari energi total bahan peledak. Jadi gelombang kejut menyediakan kesiapan dasar untuk proses pemecahan tingkat akhir. Pada tahap ini energi ledakan yang bergerak sampai bidang bebas menghancurkan batuan pada dinding jenjang tersebut.

3. 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. Proses tahapan pemecahan batuan akibat peledakan dapat dilihat pada gambar 1, dibawah ini.



(sumber : supervisory 1996)

Gambar 1. Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

C. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan

1. Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan manusia

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:

a. Karakteristik Masa Batuan

Dalam kegiatan pemoran dan peledakan, karakteristik batuan yang perlu diperhatikan dalam kaitanya dengan fragmentasi batuan yaitu kekerasan batuan, kekuatan batuan, elastisitas batuan, abrasifitas

batuan dan kecepatan perambatan gelombang pada batuan serta kuat tekan dan kuat tarik batuan yang akan diledakan. Semakin tinggi tingkat kekerasan batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut untuk dihancurkan, demikian juga dengan batuan yang mempunyai kerapatan yang tinggi. Hal ini disebabkan karena semakin berat masa suatu batuan, maka bahan peledak yang dibutuhkan untuk membongkar atau menghancurkan batuan akan lebih banyak.

Elastisitas batuan adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut dihilangkan.

Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda. Batuan keras mempunyai kecepatan perambatan gelombang yang tinggi, secara teoritis batuan yang memiliki kecepatan gelombang yang tinggi akan hancur apabila diledakan dengan menggunakan bahan peledak yang memiliki kecepatan detonasi yang tinggi pula.

Sifat kuat tarik dan kuat tekan batuan juga digunakan dalam penggolongan terhadap mudah atau tidaknya batuan untuk dibongkar. Batuan akan hancur atau lepas dari batuan induknya apabila bahan peledak yang digunakan memiliki kuat tekan yang lebih besar dari pada kuat tarik batuan itu sendiri.

1) Sifat fisik batuan

Batuan (*Rock*) merupakan kumpulan dari beberapa mineral atau lebih.

a) Sifat batuan secara umum

Batuan ini dapat dibagi menjadi beberapa sifat, yaitu diantaranya:

- Sifat lunak (*Soft Rock*); contohnya tanah
- Sifat medium (*Medium Hard Rock*)
- Sifat Keras (*Hard Rock*)

b) Sifat teknis batuan

Sifat-sifat teknis penting dari batuan yang mempengaruhi kegiatan pemboran yaitu kekerasan.

Kekerasan adalah tahanan dari suatu bidang permukaan halus terhadap abrasi. Kekerasan dipakai untuk mengukur sifat-sifat teknis dari material dan dapat diklasifikasikan dalam beberapa cara. Kekerasan batuan dapat juga dipakai untuk menyatakan besarnya tegangan yang diperlukan untuk menyebabkan kerusakan pada batuan. Kekerasan suatu batuan dapat diketahui melalui :

- Mutlak (*Kwantitas*), yaitu melalui uji laboratorium dan akan didapat kuat tekan, kuat geser dan kuat tarik
- *Relative (Kwalitative)*, yaitu berdasarkan Skala “Mohs hardness” dan “uniaxial compressive strength”. Tabel

kekerasan dan *CompressiveStrength* dapat dilihat pada tabel I, dibawah ini.

Tabel 1: Kekerasan dan *CompressiveStrength*

Hardness	Moh's	Mpa (MN/m ²)
<i>Extremelyhard</i>	7 –	200 –
<i>Hard</i>	6 – 7	120 – 200
<i>Mediumhard</i>	4.5 – 6	60 – 120
<i>Quitesoft</i>	3 – 4.5	30 – 60
<i>Soft</i>	2 – 3	10 – 30
<i>Extremelysoft</i>	1 – 2	– 10

sumber : *Supervisory Teknik Peledakan, 1996*

b. Struktur Geologi

Struktur geologi yang berpengaruh pada kegiatan peledakan adalah struktur rekahan (*kekar*) dan struktur pelapisan batuan.

Kekar merupakan rekahan-rekahan dalam batuan yang terjadi kerana tekanan atau tarikan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dalam kerak bumi.

Dengan adanya struktur rekahan ini maka energi gelombang tekan dari bahan peledak akan mengalami penurunan yang disebabkan oleh adanya gas-gas hasil reaksi peledakan yang menerobos melalui rekahan, sehingga mengakibatkan penurunan daya tekan terhadap batuan yang akan diledakkan. Penurunan daya tekan ini akan berdampak terhadap batuan hasil peledakan bahkan batuan hanya mengalami keretakan.

Struktur pelapisan batuan juga mempengaruhi hasil peledakan. Apabila lobang tembak dibuat berlawanan dengan arah pelapisan,

maka akan menghasilkan ukuran fragmentasi yang lebih seragam dan kestabilan lereng lebih baik, bila dibandingkan dengan lobang tembak yang dibuat searah dengan bidang perlapisan. Secara teortis, bila lubang tembak arahnya berlawanan dengan arah kemiringan bidang perlapisan, maka posisi demikian kemungkinan terjadi *backbreak* akan sedikit, lantai jenjang tidak rata, tetapi fragmentasi peledakan seragam dan arah lemparan batuan tidak terlalu jauh. Sedangkan jika arah lobang tembak searah dengan arah kemiringan bidang perlapisan, maka kemungkinan terjadinya *backbreak* lebih besar, lantai jenjang rata, fragmentasi batuan tidak seragam dan batuan akan terlempar jauh serta longsoran akan lebih besar.

2. Faktor-faktor yang dapat dikendalikan

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

a. Pemboran

1) Arah pemboran

Arah pemboran yang kita pelajari ada dua, yaitu arah pemboran tegak dan arah pemboran miring. Arah penjajaran lobang bor pada jenjang harus sejajar untuk menjamin keseragaman *burden* yang ingin didapatkan dan *spasi* dalam geometri peledakan. Lobang 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 lobang adalah:

Lubang tembak tegak (vertikal) adalah:

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 (*flyingrock*)
- c) Lebih mudah dalam pengerjaannya di lapangan.

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.

Lubang tembak miring adalah:

Keuntungannya:

- a) Bidang bebas yang terbentuk semakin besar.
- b) Fragmentasi yang dihasilkan lebih bagus sesuai dengan yang

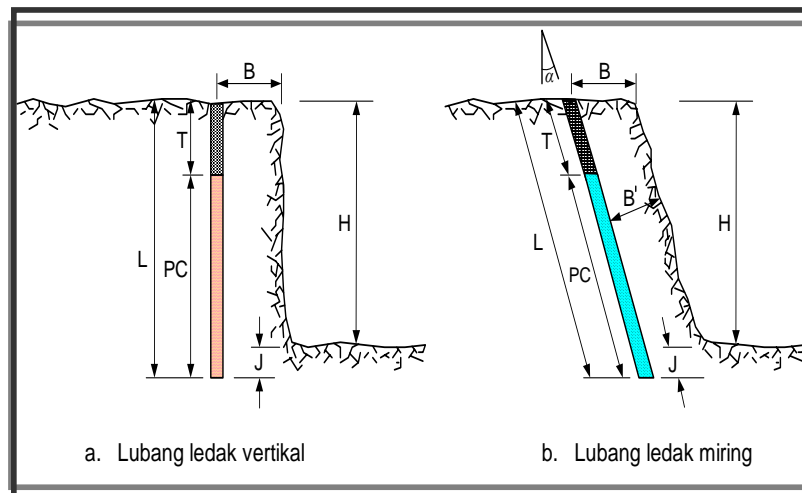
Diinginkan

- c) Dapat mengurangi terjadinya *back break* dan permukaan jenjang yang dihasilkan lebih rata.
- d) Dapat mengurangi bahaya kelongsoran pada jenjang.

Kerugiannya:

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

Gambar perbedaan lubang ledak tegak dan lubang ledak miring dapat dilihat pada gambar 2, dibawah ini.



Sumber: Satuan Kerja Penunjang Tambang

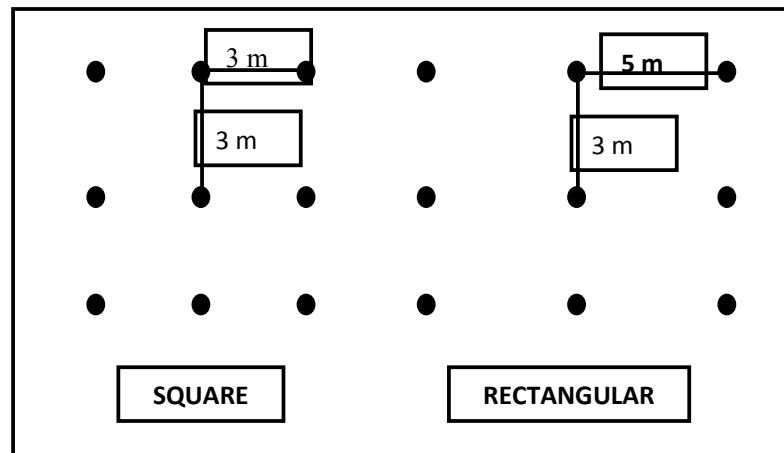
Gambar 2. Lubang Ledak Tegak dan Lubang Ledak Miring

2) Pola Pemboran

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

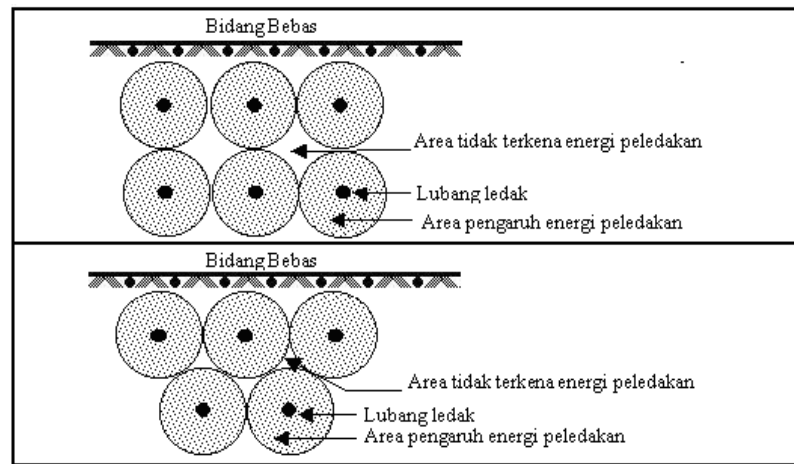
Pola pemboran sejajar adalah pola dengan penempatan lubang bor yang sejajar pada setiap kolomnya, sedangkan pola pemboran selang-seling adalah pola dengan penempatan lubang bor secara berselang-seling pada setiap kolomnya.

Pola pemboran sejajar merupakan pola yang lebih mudah diterapkan di lapangan, tetapi perolehan fragmentasi batuan kurang seragam. Sedangkan pola pemboran selang-seling lebih sulit penanganannya di lapangan namun fragmentasi batuan lebih baik dan seragam, hal ini disebabkan karena distribusi energi peledakan yang dihasilkan lebih optimal bekerja dalam batuan. Gambar pola pemboran dan gambar perbedaan pola pemboran sejajar dan pola selang seling dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4 dibawah ini.



Sumber: Diktat Teknik Pembeeraan Batuan Pada Penambangan Bahan Galian 2011

Gambar 3. Pola Pemboran



Sumber: Diktat Teknik Pembezaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian 2013

Gambar 4. Perbedaan Pola Sejajar dan Pola Selang Seling

3) Diameter lubang bor

Ukuran diameter lobang tembak 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:

- Ukuran *fragmentasi* yang diinginkan.
- Bahaya getaran yang akan ditimbulkan.
- 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 ukuran fragmentasi, karena isian bahan peledakan akan otomatis bertambah banyak, sehingga energy yang dihasilkan akan besar.

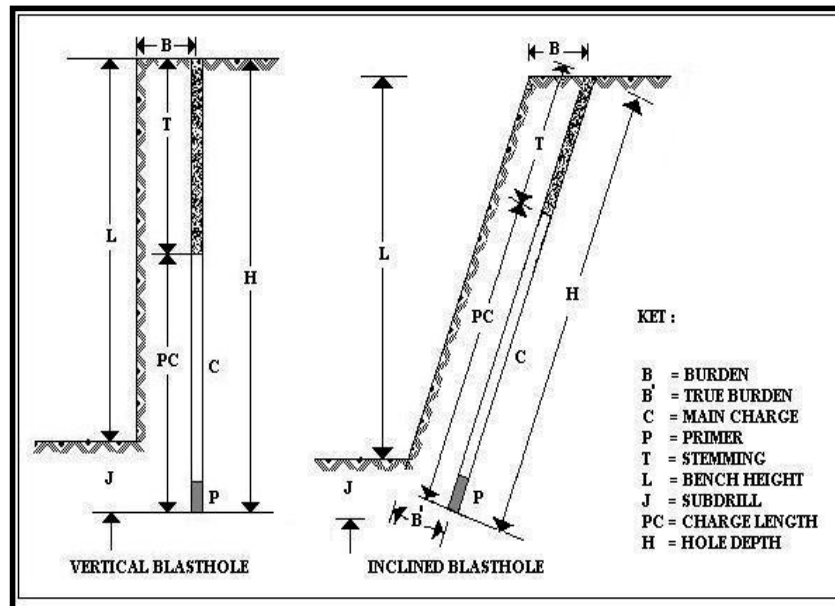
b. Peledakan

Kegiatan peledakan bertujuan untuk memberaikan batuan dari batuan induknya. Dalam melaksanakan peledakan ini maka kita harus memperhatikan hal-hal ini:

1) 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. Rancangan geometri peledakan menurut R.L Ash dapat dilihat pada gambar 5, dibawah ini.



Sumber: Diktat Teknik Pemberaian Batuan Pada Penambangan Bahan Galian,

2013

Gambar 5. Geometri Peledakan Menurut R.L. ASH

Ada beberapa metode yang dikembangkan oleh para ahli peledakan untuk menentukan besaran-besaran geometri peledakan, diantara lain :

a) Rumusan Geometri Peledakan Menurut R.L Ash

- **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*)

$$AF1 = \sqrt[3]{\frac{SGhandakx(VODhandak)^2}{SGhandakstdx(VODhandakstd)^2}}$$

$$AF2 = \sqrt[3]{\frac{Dstd}{D}}$$

$$Kb \text{ terkoreksi} = Kb \text{ standart} \times AF1 \times AF2$$

Jadi :

$$B = \frac{KbTerkoreksi \times De}{12}$$

Dimana :

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 (165,44 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 (*Dabex* = 1.18)

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

VOD = VOD bahan peledak yang dipakai (*Dabex* = 17384 ft/s)

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

- **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.

$$S = K_s \times B$$

Dimana :

K_s = *spacing ratio* (1,00 – 2,00)

S = spasi(meter)

B = *burden* (meter)

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

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

$$T = K_t \times B$$

Dimana :

K_t = *stemming ratio* (0,75 – 1,00)

T = *stemming* (meter)

B = *burden*(meter)

- ***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 :

$$J = K_j \times B$$

Dimana :

K_j = *subdrilling ratio* (0 – 0,3)

J = *subdrilling*(meter)

B = *burden*(meter)

- **Kedalaman Lubang Tembak (H)**

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 :

$$H = K_h \times B$$

Dimana :

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

H = kedalaman lubang tembak (meter)

B = *burden*(meter)

- **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.

$$PC = H - T$$

Dimana :

PC = panjang kolom isian (meter)

H = kedalaman lubang tembak (meter)

T = *stemming* (meter)

- **Tinggi Jenjang (L)**

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 :

$$L = 5 \times De$$

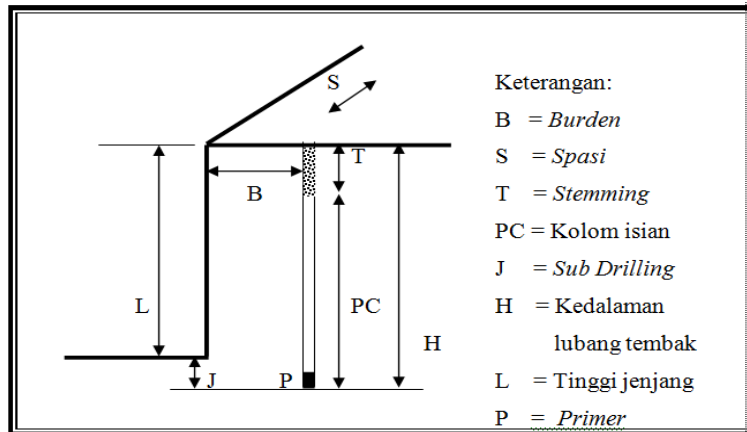
Dimana :

L = tinggi jenjang minimum (ft)

De = diameter lubang tembak (inchi)

b) Geometri Peledakan Menurut ICI – Explosives

Geometri peledakan menurut ICI-Explosives, dapat dilihat pada gambar 6, dibawah ini.



Sumber : *Supervisory Teknik Peledakan*

Gambar 6. Geometri Peledakan Menurut ICI – *Eksplolive*

- **Burden (B)**

Burden adalah jarak dari lubang bor dengan bidang bebas yang terdekat. Pada daerah ini energi ledakan yang terkuat dan yang pertama kali bereaksi pada bidang bebas. Jarak *burden* yang baik adalah jarak yang memungkinkan energi secara maksimal dapat bergerak keluar dari kolom isian menuju bidang bebas dan dipantulkan kembali dengan kekuatan yang cukup untuk melampaui kuat tarik batuan sehingga akan terjadi penghancuran.

Nilai *burden* yang optimum akan menghasilkan fragmentasi yang sesuai dan perpindahan pecahan batuan sesuai dengan yang diinginkan. Jarak *burden* yang terlalu kecil dapat menyebabkan terjadinya batuan terbang

dansuara yang keras. Sedangkan jarak *burden* yang terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi yang kurang baik, dan akan menyebabkan batuan di sekitar *burden* tidak akan hancur. Untuk mencari nilai *burden* (B) dipengaruhi ukuran mata bor (d), seperti persamaan berikut:

$$B = 25d - 40d$$

- ***Spasi (S)***

Spasi dapat diartikan sebagai jarak terdekat antara antara dua lubang bor yang berdekatan dalam satu baris. Harga *Spacing* sangat tergantung dari harga *Burden* (B). Persamaan yang digunakan untuk mencari besarnya *Spacing* (S) adalah sebagai berikut:

$$S = 1B - 1,5B$$

- ***Stemming (T)***

Stemming adalah tempat material penutup di dalam lubang bor di atas kolom isian bahan peledak. Fungsi *stemming* adalah agar terjadi *stress balance* dan untuk mengurung gas-gas hasil ledakan agar dapat menekan batuan dengan kekuatan yang besar.

Stemming yang pendek menyebabkan batuan hanya pecah pada bagian atas, sehingga mengurangi fragmentasi keseluruhan karena gas hasil ledakan menuju atmosfer dengan mudah dan cepat, juga akan menyebabkan

terjadinya *flyrock*, *overbreak* pada bagian permukaan dan juga akan menimbulkan *airblast*. Untuk mengetahui besaran harga *stemming* (T) dipengaruhi ukuran mata bor (d), sesuai dengan persamaan berikut:

$$T = 20d - 30d$$

- **Subdrilling (J)**

Subdrilling adalah tambahan kedalaman dari lubang bor di bawah lantai jenjang agar lantai yang dihasilkan rata. Bila jarak *subdrilling* terlalu besar maka akan menghasilkan efek getaran tanah, sebaliknya bila *subdrilling* terlalu kecil maka akan mengakibatkan problem tonjolan pada lantai jenjang. Untuk menentukan besaran *subdrilling* (J) dipengaruhi ukuran mata bor (d), sesuai dengan persamaan berikut:

$$J = 8d - 12d$$

- **Tinggi jenjang (L)**

Tinggi jenjang berhubungan erat dengan parameter geometri peledakan lainnya dan ditentukan terlebih dahulu atau terkadang ditentukan kemudian setelah parameter serta aspek lainnya diketahui. Tinggi jenjang maksimum biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok (*bucket*) serta tinggi jangkauan alat muat.

Pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah kestabilan jenjang jangan sampai runtuh. Jenjang yang pendek memerlukan diameter lubang yang kecil, sementara untuk diameter lubang besar dapat diterapkan pada jenjang yang lebih tinggi.

$$L = 60d - 140d$$

- **Kedalaman lubang ledak (H)**

$$H = L + J$$

Dimana:

L = kedalaman lubang ledak (m)

J = subdrilling (m)

c. Pengisian Bahan Peledak

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat berpengaruh terhadap fragmentasi batuan hasil peledakan. *Powderfactor* 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 *flyrock* 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.

d. Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lobang-lobang tembak dalam satu baris dengan lobang tembak pada baris berikutnya ataupun antara lobang tembak yang satu dengan lobang tembak 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:

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

Berdasarkan arah runtuh batuan pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

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

- 2) *Corner cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke salah satu sudut dari bidang bebas.
- 3) "*V*" *cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya kedepan dan membentuk huruf V.

Berdasarkan urutan waktu peledakan, maka pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Pola peledakan serentak, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan secara serentak untuk semua lobang tembak.
- 2) Pola peledakan beruntun, yaitu pola peledakan yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris setiap lobang tembak yang akan diledakkan harus memiliki ruang yang cukup ke arah bidang bebas terdekat agar energi terkonsentrasi secara maksimal sehingga lobang tembak akan terdesak, mengembang dan pecah.

e. Peralatan Peledakan

Peralatan peledakan adalah perangkat pembantu peledakan yang dapat digunakan berulang kali pada suatu proses peledakan. Adapun peralatan peledakan antara lain:

1) *Blasting machine* (BM)

Blasting Machine (Exploder) adalah alat pemicu untuk meledakan detonator listrik. Arus listrik bervoltase tinggi dilepaskan ketika arus pada baterai telah penuh. *Blasting machine* (BM) dapat dilihat pada gambar 7, dibawah ini.



Gambar 7.*Blasting Machine*

2) *Blasting Ohm Machine (BOM)*

Adalah Alat ukur tahanan kawat pada detonator listrik. Fungsinya adalah mengetahui berapa besar tahanan pada kawat detonator listrik (*leg wire*) dengan begitu kita dapat mengatur voltase BM (*Blasting Machine*) untuk mampu menerobos jumlah tahanan yang terbaca, sehingga detonator dapat diledakan. *Blasting Ohm Machine (BOM)* dapat dilihat pada gambar 8, dibawah ini.



Gambar 8.*Blasting Ohm Machine (BOM)*

3) *Kawat Utama (lead wire)*

Kawat utama berfungsi untuk menghubungkan kedua ujung detonator listrik pada rangkaian peledakan listrik ke

blasting machine (BM) agar para juru ledak dapat mencari posisi yang cukup aman saat meledakan, dengan panjangnya minimal ± 300 meter. Kawat Utama (*lead wire*) dapat dilihat pada gambar 9, dibawah ini.



Gambar 9.*Lead Wire*

4) Tongkat (*stick*)

Merupakan tongkat kayu yang berguna untuk mendorong handak kedalam lubang ledak jika kondisi lubang berair. Juga untuk mengetahui kedalaman lubang dan untuk pemadatan (*stemming*) dengan panjang tongkat ± 6 meter.

5) Cangkul

Cangkul berfungsi untuk memasukkan stemming kedalam lubang ledak.

6) Kendaraan transportasi

Kendaraan transportasi adalah kendaraan mobilisasi yang dikhususkan untuk pengangkutan bahan peledak dari gudang bahan peledak menuju lokasi peledakan dan untuk keperluan transportasi para *crew blasting*, seperti

pengambilan bahan peledak ke gudang dan pengembalian sisa bahan peledak. Kendaraan transportasi dapat dilihat pada gambar 10, dibawah ini.



Gambar 10.Kendaraan Transportasi

7) *Handy Talky (HT)*

HT berfungsi untuk menginformasikan pada semua orang karyawan baik dilapangan maupun dikantor bahwa kegiatan peledakan akan segera dimulai, serta untuk memberikan aba-aba saat peledakan.

f. **Perlengkapan Peledakan**

Perlengkapan peledakan adalah bahan-bahan pembantu peledakan yang hanya bisa dipakai pada satu kali peledakan, perlengkapan peledakan di PT. Semen Padang:

1) *Detonator*

Detonator adalah alat pemicu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk letupan (ledakan kecil) sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak peka detonator atau primer.

Detenator listrik dikelompokkan pada detonator langsung (*instantaneous detonator*) dan detonator tunda (*delay detonator*). Jenis detonator yang dipakai di PT.Semen Padang adalah jenis detonator listrik langsung, yaitu detonator listrik yang tidak memakai waktu tunda. Setiap kali peledakan dibutuhkan dua detonator listrik, satu untuk peledakan dan yang lainnya sebagai cadangan jika terjadi gagal ledak (*misfire*). Detonator listrik dapat dilihat pada gambar 11, dibawah ini.



Gambar 11.Detonator Listrik

Untuk alasan keamanan detonator ditempatkan secara terpisah dengan bahan peledak lain saat membawanya ke luar dari gudang menuju lokasi peledakan. detonator dimasukan ke dalam tas dan dipegang oleh *security*.

2) *Detonator Nonel*

Pada detonator *nonel* terdapat 3 komponen yang merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan. Komponen tersebut adalah:

- a). Sumbu *nonel*, berfungsi sebagai saluran penghantar energi menuju detonator tunda. Pada saluran sumbu *nonel* terdapat 3 (tiga) yaitu, Lapisan luar untuk menahan goresan dan sinar matahari langsung. Lapisan tengah untuk ketahanan terhadap zat kimia dan terakhir lapisan dalam berguna untuk menahan bahan kimia reaktif yaitu HMX dan Alumunium pada lapisan inilah energi peledakan disalurkan tanpa merusak sumbu *nonel* tersebut.
- b). Detonator *nonel* dengan waktu tunda, berkekuatan nomor 8. Komponen utama sama dengan detonator listrik yang membedakannya adalah mekanisme pembentukan energi panasnya.
- c). Label tunda, yaitu sebuah label dengan warna tertentu yang menandakan periode tunda *halfsecond*, *quartersecond*, atau milisecond dan waktu nominal ledaknya.

PT. Semen Padang menggunakan Detonator *nonel* buatan PT. Dahana dengan merek dagang *Dayadet Nonel Benchmark*. Detonator *nonel (non electric)* dapat dilihat pada gambar 12, dibawah ini.



Gambar 12.Detonator nonel (*non electric*)

3) *NonelConnector*

Nonel connector, merupakan sumbu *nonel* yang dilengkapi detonator tunda (*surface delay*) pada blok pengikat (*bunch block*). PT. Semen Padang menggunakan *nonel connector* dengan merek *Dayadet Nonel Trunkmaster*. *NonelConnector* dapat kita lihat pada gambar 13, dibawah ini.



Gambar 13. *Nonel Connector*

4) *Booster*

Booster merupakan unit bahan peledak yang digunakan untuk mengintensifikan reaksi bahan peledak, booster tidak mengandung peralatan pencetus tetapi peka

pencetus. *Booster* dapat dilihat pada gambar 14, dibawah ini.



Gambar 14. *Booster*

5) *ANFO*(*Amonium Nitrat*)

ANFO sebagai bahan peledak utama. Perbandingan utama dalam teori adalah 94.5% *AN* (*Amonium Nitrat*) dengan 5.5% *FO* (*Fuel Oil*) dapat dilihat pada Gambar 15, dibawah ini.



Gambar15.*ANFO*

g. *Loading Density*

Loading Density merupakan banyaknya bahan peledak untuk setiap panjang kolom lubang ledak yang dinyatakan dalam kg/m.

$$de = 1/4 \times 3, 14(De)^2 \times SG \times 1000$$

Keterangan :

De =Loading Density (Kg/m)

De =Diameter Lubang tembak(Inchi)

SG = *Spesific Gravity dabex*

h. *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.

$$Pf = \frac{\text{berat bahan peledak}}{\text{volume batuan yang diledakkan}}$$

Pf biasanya sudah ditetapkan oleh perusahaan karena merupakan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya dan juga karna berbagai pertimbangan.

D. *Fragmentasi Batuan*

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 bongkah diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran *fragmentasi* yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah.

Tingkat *fragmentasi* menunjukkan suatu keberhasilan dalam peledakan. Dimana tingkat *fragmentasi* diharapkan dapat sesuai dengan kapasitas *bucket excavator* dan kapasitas angkut *dump truck* dala pekerjaan loading material.

Perhitungan nilai karakteristik ukuran (X_c) menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Perhitungan persentase bongkahan adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \times 100 \%$$

Dimana :

R_x = Persentase material yang tertahan pada ayakan (%)

X = Ukuran ayakan (cm)

N = Index Keseragaman

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkahan pada hasil peledakan digunakan rumus *index* keseragaman (n) dan karakteristik ukuran (X_c), dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{B}{De} \right] \times \left[\left(\frac{1+S/B}{2} \right)^{0,5} \right] \times \left[1 - \frac{W}{B} \right] \times \left[\frac{PC}{H} \right]$$

Ukuran rata-rata *fragmentasi* hasil peledakan, dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan Kuznetzov (1973), yaitu 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 Strength* bahan Peledak, untuk DABEX = 119
- B = Burden (m)
- S = Spasi (m)
- W = Standar deviasi lubang bor
- De = Diameter lubang bor (mm)
- PC = Panjang kolom isian lubang ledak (m)

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan Praktek Lapangan Industri di PT. Semen Padang yang telah dilakukan, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan di antaranya sebagai berikut:

1. PT. Semen Padang menggunakan pola pemboran selang-seling.
2. PT. Semen Padang menggunakan pola peledakan *Corner cut*,
3. Berdasarkan pengukuran di lapangan pada kegiatan peledakan didapatkan nilai parameter geometri peledakan aktual yaitu, *Burden* 5 m, *Spacing* 5 m, kedalaman lubang 10,68 m, *Stemming* 3,55 m, *Subdrilling* 0,18 m. Panjang kolom isian 7,12m dan *powder factor* 0,18 Kg/ton.
4. Produktivitas hasil peledakan aktual yang didapatkan adalah 37563,75 ton.
5. Fragmentasi hasil peledakan berdasarkan data aktual adalah 12,39 %

B. SARAN

1. Untuk meningkatkan kualitas hasil peledakan baik dari segi volume yang dihasilkan, maupun pengontrolan dampak hasil peledakan. Maka, geometri baru yang penulis usulan dapat digunakan. Dalam pelaksanaan dilapangan pelaksana peledakan harus mengukur titik-titik lubang yang akan dibor secara tepat dan melakukan pengawasan terhadap kegiatan pemboran.
2. Setelah dilakukan perhitungan geometri menurut R.L. Ash didapatkan geometri baru sebagai usulan yaitu *Burden* 5,2 m, *Spacing* 5,2 m, kedalaman lubang 10,92 m, panjang *subdrilling* 1,04m. tinggi *stemming* 3,9 m, tinggi isian bahan peledak 7,02 m, dan *powder factor* 0,17 Kg/ton.
3. Produktivitas hasil peledakan berdasarkan usulan R.L Ash adalah sebesar 38229,90 ton dan grafragmentasi bantuan >100 cm sebesar 7,81 %.
4. Selain itu, dengan melakukan perhitungan geometri berdasarkan teori ICI-Explosives didapatkan geometri baru dengan usulan yaitu *Burden* 4,8 m, *Spacing* 4,8 m, kedalaman lubang 10,81 m, *subdrilling* 1,11 m. tinggi *stemming* 3,49 m, tinggi isian bahan peledak 7,32 m, dan *powder factor* 0,22 Kg/ton .
5. Produktivitas hasil peledakan menurut usulan ICI-Explosives adalah sebesar 32211,92 ton dan fragmentasi batuaan >100cm sebesar 3,08%.
6. PT. Semen Padang harus memperhatikan para pekerja untuk selalu menggunakan Alat Pelindung Diri saat di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, **Laporan, Data-data dan Arsip PT. Semen Padang.**
- Anonim, 2013. **Diktat Peledakan Pada Kegiatan Penambangan Bahan Galian, Diklat Teknik Pemberaian Batuan 2013.** Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Koesnaryo.S. (2001), **Pemboran untuk Penyediaan Lubang Ledak,** Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Kopa, Raimon. 2005. **Panduan Proyek Akhir PLI D3 Teknik Pertambangan.** Universitas Negeri Padang.
- Tim Pengelola IWPL Pertambangan Umum. 1996. **Supervisory Teknik Peledakan.** Institut Teknologi Bandung
- Widodo Douglas. 2011. **Analisis kegiatan Peledakan.** Jurusan Teknik Pertambangan. Yogyakarta: UPN