

**“Analisis Pengaruh *Double Deck Primer* Terhadap Fragmentasi Batu Kapur
di Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk.
Citeureup Bogor - Jawa Barat”**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Pertambangan Sebagai
Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Oleh :

FRANATA HALOMOAN SINAGA
1302699/2013

Konsentrasi : Pertambangan Umum

Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH *DOUBLE DECK PRIMER* TERHADAP FRAGMENTASI BATU KAPUR DI *QUARRY D BLOK 2* LOKASI 198 PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA TBK. CITEUREUP BOGOR - JAWA BARAT

Nama : Franata Sinaga
NIM/BP : 1302699/2013
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Drs. Raimon Kopa, MT
NIP. 19580313 198303 1 001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**



Drs. Raimon Kopa, MT
NIP. 19580313 198303 1 001

PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH *DOUBLE DECK PRIMER* TERHADAP
FRAGMENTASI BATU KAPUR DI *QUARRY D BLOK 2* LOKASI 198 PT
INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA TBK. CITEUREUP BOGOR -
JAWA BARAT**

Nama : Franata Sinaga
NIM/BP : 1302699/2013
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 2018

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Drs. Raimon Kopa, MT
NIP. 19580313 198303 1 001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang**



Drs. Raimon Kopa, MT
NIP. 19580313 198303 1 001



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 : FRAMATA SINAGA
NIM/TM : 1302699 / 2013
Program Studi : TEKNIK PERTAMBANGAN (S-1)
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

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

" ANALISIS PENGARUH DOUBLE DECK PRIMER TERHADAT FRAGMENTASI BATU
KAPUR DI QUARRY D BLOK 2 LOKASI 198 PT INDOCEMENT
TUNGGAL PERAKASA TBK CITEUREUP BOGOR - JAWA BARAT.

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.

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

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

Padang, 01 AGUSTUS 2018

yang membuat pernyataan,



FRAMATA SINAGA

BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Franata Halomoan Sinaga
NIM/Tahun Masuk : 1302699/2013
Tempat/Tanggal Lahir : Berastagi, 10 Februari 1995
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Nama Bapak : Jimmi Sinaga
Nama Ibu : Tiamin Limbong
Jumlah Bersaudara : 4 Bersaudara
Alamat Tetap : Desa Pegagan Julu IV Sumbul Sidikalang

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SDN 034795 Tumpak Debata
Sekolah Menengah Pertama : SMPN 3 Sumbul
Sekolah Menengah Atas : SMAN 1 Sumbul
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Proyek Akhir

Tempat Penelitian : PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk.
Tanggal Penelitian : 3 Juli – 15 Agustus 2017
Topik Bahasan : **Analisis Pengaruh *Double Deck Primer* Terhadap Fragmentasi Batu Kapur di Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup Bogor - Jawa Barat.**
Tanggal Sidang Skripsi : Senin, 30 Juli 2018

Padang, 2018

FRANATA H. SINAGA
NIM/TM.1302699/2013

ABSTRACT

Franata Sinaga. 2018. “Analysis the Effect of Double Deck Primer on Limestone Fragmentation Result of Blasting in Quarry D Block 2 Location 198 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citereup Bogor – Jawa Barat”.

Mining activities at PT Indocement Tunggal Prakarsa use the Quarry method and the process of dismantling the limestone material using blasting methods to meet the production targets and facilitate the loading and hauling process. Each blast requires a fragmentation size ≥ 90 cm of $\leq 5\%$ and a ground vibration that fits the maximum target of the company 2.00 mm/s. However, the reality of the field found that the size of fragmentation does not exceed the target desired by the company because the size of ≥ 90 cm fragmentation of $\pm 11\%$.

Improvements in blasting activities need to be done to obtain the size of the target fragmentation by the company. Therefore, one of the way to obtain the size of the target fragmentation is using the double deck primer methods by putting two primers in the bottom and in the centre of the blasting hole with stemming in the centre of the hole for minimize the ANFO. The method resulting the same energy in all part of the hole and finally minimize the boulder.

The methods that are used to analyze fragmentation of explosive results in this research are theoretically by using Kuz-Ram method and image analysis method by using Split Desktop Software. This is done to determine the percentage of fragmentation of blasting results and take into account the boulder. The next step is calculate the blasting's vibration theorytically with scale distance and BLASMATE III for the real result. After that calculate the cost of the blasting substances for every blasting hole.

The results of fragmentation analysis of the blasting results show that the addition of Double deck primer may affect the size of fragmentation. The sizes of fragmentation are ≥ 90 cm (boulder) to 2,27% and ground vibration at <2 mm / s so the size target of fragmentation that is desired by the company is achieved and the value of ground's vibration is under the value set by the company.

Key Words: Blasting, Fragmentation, Vibration, Cost.

ABSTRAK

Franata Sinaga. 2018. “Analisis Pengaruh *Double Deck Primer* Terhadap Fragmentasi Batu kapur di Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citereup Bogor – Jawa Barat”.

Kegiatan penambangan di PT Indocement Tunggal Prakarsa menggunakan metode *Quarry* dan proses pembongkaran material batu gamping menggunakan metode peledakan agar memenuhi target produksi dan memperlancar proses pemuatan dan pengangkutan. Pada setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi ≥ 90 cm sebesar ≤ 5 % dan hasil getaran yang sesuai target perusahaan yaitu 2,00 mm/s. Tetapi kenyataan dilapangan fragmentasi tidak sesuai target yang diinginkan oleh perusahaan karena ukuran fragmentasi ≥ 90 cm sekitar ± 11 %.

Perbaikan pada kegiatan peledakan perlu dilakukan untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang ditargetkan oleh perusahaan. Oleh sebab itu, salah satu cara memperoleh ukuran fragmentasi yang ditargetkan adalah dengan menggunakan metode *Double Deck Primer* yaitu dengan menempatkan dua *primer* dalam satu lubang ledak dengan posisi di bawah dan di tengah lubang ledak lalu di tengah lubang ledak dimasukkan *stemming* untuk menghemat penggunaan ANFO. Tujuannya adalah agar energi peledakan yang dihasilkan merata di seluruh lubang ledak sehingga dapat mengurangi *boulder*.

Metode yang digunakan untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan dalam penelitian ini secara teoritis dengan menggunakan metode *Kuz-Ram* dan metode *image analysis* dengan menggunakan *software Split Desktop*. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui persentase fragmentasi hasil peledakan dan memperhitungkan *boulder*. Selanjutnya getaran hasil peledakan dihitung dengan hukum *scale distance* untuk hasil teoritis serta menggunakan alat BLASMATE III untuk data yang diambil langsung dari lapangan. Setelah itu biaya dihitung berdasarkan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam setiap lubang ledak.

Hasil dari analisis fragmentasi hasil peledakan yang dilakukan menunjukkan penggunaan metode *double deck primer* dapat mempengaruhi ukuran fragmentasi. Ukuran fragmentasi ≥ 90 cm (*boulder*) menjadi 2,27% serta getaran peledakan masih < 2 mm/s sehingga target yang dikehendaki perusahaan untuk ukuran fragmentasi tercapai dan nilai getaran peledakan di bawah nilai yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Kata Kunci : Peledakan, Fragmentasi, Getaran, Biaya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dan terima kasih senantiasa kita ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas bimbingan, lindungan, berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Pengaruh *Double Deck Primer* Terhadap Fragmentasi Batu Kapur di *Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup Bogor - Jawa Barat*”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.

Laporan tugas akhir ini penulis susun berdasarkan hasil penelitian di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Penulisan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari motivasi dan dukungan semua pihak, baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya, dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada keluarga penulis.

Terima kasih pula penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga Laporan Tugas Akhir ini dapat penulis selesaikan, yaitu kepada:

1. Bapak Drs. Raimon Kopa. M.T selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi S-1 Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Bambang Heriyadi, MT dan Bapak Jukepsa Andas S.Si, MT, selaku Dosen Penguji.

3. Among Parsinuan Jimmi Sinaga dan inong Pangintubu Tiamin Limbong serta iboto saya Fitri Sinaga, Febri Sinaga dan Femenana Sinaga yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk mengerjakan laporan ini.
4. Bapak Drs. Sumarya, MT selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Heri Prabowo, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Drs. Murad M.S, M.T selaku koordinator PLI Jurusan Teknik Pertambangan.
7. Bapak Deddy selaku *Staff* di *Corporate People Development Departement* PT.Indocement Tunggal Prakarsa.
8. Bapak Haekal Adam selaku pembimbing lapangan di PT. Indocement Tunggal Prakarsa.
9. Bapak Ozzy Julio Parissa selaku pembimbing saat berada di lapangan di PT Indocement Tunggal Prakarsa.
10. Bapak Rijal, Bapak Aldo, Bapak ,dan Bapak Harianto seluruh staff karyawan yang ada di Departemen *Limestone* PT Indocement Tunggal Prakarsa yang tidak bisa penulis sebutkan satu- persatu.
11. Pak Radianto, Pak Fajar, Pak Bus, Pak Buyuang, Pak Asrul, Pak Rudi, Bang Iron, Bang Reza, Bang Dono, dan Bang Akbar selaku karyawan di Kantor Peledakan yang telah membantu dan membimbing penulis selama pengambilan data di lapangan.
12. Seluruh staff karyawan PT. Indocement Tunggal Prakarsa.

13. Rekan-rekan seperjuangan baik suka maupun duka, Hot Martua, Alex Pandiangan, Shobhi Wafi Muslih, Windu dan Latif yang senantiasa membantu dan mendukung penulis untuk dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA).
14. Angkatan XXXIX Resimen Mahasiswa (MENWA) Batalyon 102 Maha Bhakti Universitas Negeri Padang, Shidqi Rahman Alfarras, Syukrianto, Yohanda Setiawan, Iftah Rahmi Asra, Ayu Wandira, Santi Muardhini, Gina Khairani, Denilam Sari dan semuanya. Kalian semua yang terbaik dan terindah. Jadilah pemimpin dan pendidik yang membawa perubahan pada kebenaran yang mulia.
15. Mohon ijin untuk seluruh organik Resimen Mahasiswa (MENWA) Batalyon 102 Maha Bhakti Universitas Negeri Padang baik Senior maupun Junior yang selalu bertanya “ijin bertanya ops, kapan wisuda?”, *djitoe kenanja* (^_^). Kalian semua spesial dan istimewa. Hendaklah menjadi garam dan terang bagi dunia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam tulisan ini masih memiliki kekurangan dan kelemahan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan berikutnya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat yang sebesar-besarnya bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Padang, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi perusahaan	7
1. Sejarah Perusahaan	7
2. Tenaga Kerja.....	8
3. Jam Kerja	8
4. Struktur Organisasi	8
5. Kondisi Geologi.....	10
6. Lokasi dan Kesampaian Daerah	13
B. Kajian Teoritis.....	15

1. Mekanisme Pecahnya Batuan	15
2. Fragmentasi	17
3. <i>Double Deck Primer</i>	48
4. Getaran Peledakan	51
5. Biaya Bahan Peledak	56
C. Penelitian yang Relevan	56
D. Kerangka Konseptual	58

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	59
B. Jadwal Penelitian.....	59
C. Metode Pengumpulan Data.....	59
D. Instrumen Pengambilan Data.....	60
E. Teknik Analisa Data.....	60
F. Bagan Alir Penelitian.....	62

BAB IV PEMBAHASAN

A. Data Peledakan Aktual.....	63
1. Perhitungan Fragmentasi.....	64
2. Perhitungan Getaran Tanah (<i>Ground Vibration</i>).....	86
B. Data <i>Double Deck Primer</i>	94
1. Perhitungan Fragmentasi.....	95
2. Perhitungan Getaran Tanah (<i>Ground Vibration</i>).....	118
C. Perbandingan Fragmentasi.....	122
D. Perbandingan Getaran Hasil Peledakan.....	126
E. Biaya Bahan Peledak.....	128

BAB V KESIMPULAN

A. Kesimpulan.....	131
B. Saran.....	132

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Konstanta Waktu Antar Baris	44
2. Harga Bahan Peledak.....	56
3. Jadwal Kegiatan Penelitian	59
4. Geometri Peledakan Aktual	64
5. Perhitungan Metode <i>Kuz-ram</i> Peledakan Aktual.....	66
6. Distribusi Fragmentasi Metode <i>Kuz-ram</i> Peledakan Aktual.....	67
7. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 17 Juli 2017	71
8. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 19 Juli 2017.....	75
9. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 20 Juli 2017.....	79
10. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 21 Juli 2017	83
11. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> Peledakan Aktual	85
12. Getaran Peledakan Bulan Mei, Juni dan Juli 2017	86
13. Hubungan PVS dan SD.....	88
14. PVS Peledakan Aktual dari BLASMAE III.....	94
15. Geometri Peledakan <i>Double Deck Primer</i>	95
16. Perhitungan Metode <i>Kuz-ram Double Deck Primer</i>	98
17. Distribusi Fragmentasi Metode <i>Kuz-ram Double Deck Primer</i>	99
18. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 24 Juli 2017.....	103
19. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 25 Juli 2017	107
20. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 26 Juli 2017.....	111
21. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 27 Juli 2017	115
22. Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop Double Deck Primer</i>	117
23. PVS Peledakan <i>Double Deck Primer</i> dari BLASMATE III	121
24. Perbandingan Fragmentasi Metode <i>Kuz-ram</i> dan <i>Split Desktop</i>	123
25. Perbandingan Getaran Peledakan Aktual dengan <i>Double Deck Primer</i>	126
26. Perbandingan Biaya Bahan Peledak per Lubang	130

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Organisasi PT. ITP	10
2. Peta Geologi <i>Quarry</i> D PT. ITP.	11
3. Peta Lokasi PT. ITP	13
4. Proses Pecahnya Batuan Akibat Energi Peledakan	17
5. Pengaruh Diameter Lubang Terhadap <i>Burden</i> Dan <i>Stemming</i>	29
6. Pemboran Lubang Ledak Tegak Dan Lubang Ledak Miring	30
7. Sketsa Pola Peledakan Pada Tambang Terbuka	34
8. Pengaruh <i>Spacing</i> Pada Penyebaran Energi Ledakan.....	37
9. Geometri Peledakan	41
10. Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan	42
11. <i>Double Deck Primer</i>	51
12. Kerangka Konseptual.....	58
13. Bagan Alir Penelitian.....	62
14. Sketsa Peledakan Aktual.....	63
15. Grafik Distribusi Fragmentasi Peledakan Aktual	68
16. Foto 1 Fragmentasi Peledakan Aktual 17 Juli 2017	69
17. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 17 Juli 2017.....	69
18. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 17 Juli 2017	70
19. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 17 Juli 2017	72
20. Foto 1 Fragmentasi Peledakan Aktual 19 Juli 2017	73
21. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 19 Juli 2017.....	73
22. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 19 Juli 2017	74
23. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 19 Juli 2017	76
24. Foto 1 Fragmentasi Peledakan Aktual 20 Juli 2017	77
25. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 20 Juli 2017.....	77
26. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 20 Juli 2017	78
27. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 20 Juli 2017	80
28. Foto 1 Fragmentasi Peledakan Aktual 21 Juli 2017	81

29. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 21 Juli 2017.....	81
30. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 21 Juli 2017	82
31. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 21 Juli 2017	84
32. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> Peledakan Aktual.....	85
33. Grafik Hubungan PPV dan SD	90
34. Sketsa <i>Double Deck Primer</i>	95
35. Distribusi Fragmentasi <i>Double Deck Primer</i> Metode Kuz-ram.....	99
36. Foto 1 Fragmentasi <i>Double Deck Primer</i> 24 Juli 2017	100
37. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 24 Juli 2017.....	101
38. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 24 Juli 2017	102
39. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 24 Juli 2017	104
40. Foto 1 Fragmentasi <i>Double Deck Primer</i> 25 Juli 2017	104
41. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 25 Juli 2017.....	105
42. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 25 Juli 2017	106
43. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 25 Juli 2017	108
44. Foto 1 Fragmentasi <i>Double Deck Primer</i> 26 Juli 2017	109
45. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 26 Juli 2017.....	109
46. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 26 Juli 2017	110
47. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 26 Juli 2017	112
48. Foto 1 Fragmentasi <i>Double Deck Primer</i> 27 Juli 2017	113
49. Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 27 Juli 2017.....	113
50. Grafik Foto 1 Hasil <i>Split Desktop</i> 27 Juli 2017	114
51. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> 27 Juli 2017	116
52. Grafik Distribusi Fragmentasi <i>Split Desktop</i> Double Deck Primer	117
53. Grafik Perbandingan Distribusi Fragmentasi Metode Kuz-ram	124
54. Grafik Perbandingan Distribusi Fragmentasi Metode <i>Split Desktop</i>	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

1. Data Curah Hujan Wilayah Citeureup Jawa Barat.
2. Peta IUP Quarry D PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.
3. Perhitungan Fragmentasi Menggunakan *Software Split Desktop*.
4. Data Getaran Peledakan **BLASMATE III** di Blok 2 Lokasi 198.

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Batu kapur merupakan salah satu bahan galian yang tidak dapat diperbarui dan sebagai bahan dasar pembuatan semen yang memiliki peranan penting dalam pembangunan di Indonesia. Endapan batu kapur banyak tersebar di beberapa wilayah yang ada di Indonesia salah satunya terdapat di daerah Citeureup, Bogor, Jawa Barat. Endapan batu kapur di daerah tersebut mempunyai cadangan yang cukup banyak, bernilai ekonomis dan siap untuk ditambang.

Target produksi batu kapur PT Indocement Tunggul Prakarsa sekitar 60.000 ton/hari. Pada kegiatan penambangan, PT Indocement Tunggul Prakarsa melakukan kegiatan peledakan. Peledakan bertujuan untuk membongkar batuan dari batuan induknya. Kegiatan peledakan hanya diterapkan pada batuan yang *solid* dan keras, sehingga spesifikasi kualitas hasil peledakan harus direncanakan dengan matang. Geometri peledakan berpengaruh terhadap volume bongkaran batuan yang akan diledakkan. Adapun data-data yang dibutuhkan/diperoleh adalah kedalaman lubang ledak, pola peledakan, isian bahan peledak tiap lubang dan jumlah bahan peledak dalam satu kali kegiatan peledakan. Umumnya setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi sesuai dengan target yang diterapkan. Fragmentasi terlalu besar (*boulder*) memerlukan pengolahan lanjutan agar pada proses peremukan batuan (*crushing*) tidak mengalami masalah dan tidak merusak *crushing*.

Kegiatan peledakan yang dilakukan PT Indocement Tunggal Prakarsa di *Quarry D Blok 2 Lokasi 198* sering menghasilkan ukuran fragmentasi yang terlalu besar. Sedangkan *crusher* yang terdapat di PT Indocement Tunggal Prakarsa hanya mampu meremukkan batuan yang berukuran ≤ 90 cm sehingga *crusher* mengalami kerusakan karena ukuran batuan yang melebihi ukuran maksimum.

Stiffness ratio yang paling baik adalah *Burden* (B) berbanding Tinggi jenjang (H) yaitu 1:3 sampai 1:4, namun di lokasi penelitian perbandingannya lebih besar yaitu sekitar 1:6 sehingga fragmentasi batuan hasil peledakan pada kolom *stemming* menghasilkan banyak *boulder* mengakibatkan melambatnya proses *Loading*, *Hauling* dan risiko kerusakan alat semakin besar yang pada akhirnya akan mengurangi target produksi.

Double Deck Primer adalah metode pengisian bahan peledak (*charging*) kedalam lubang ledak (*hole*) dengan susunan dua kolom atau dua tingkat bahan peledak yang dipisahkan oleh material (*stemming*) antar kedua bahan peledak tersebut. Pada metode *Double Deck primer*, susunan bahan peledak pada setiap lubang ledak yaitu detonator dengan ikatan *Power gel* (*Primer*), ANFO, *stemming* dalam, Detonator dengan *Power gel* (*primer*) lagi, ANFO lagi, dan *stemming* luar. Cara ini dapat memperkecil *stiffness ratio* serta menghemat pemakaian bahan peledak, sehingga metode ini diharapkan dapat memberikan hasil fragmentasi yang lebih baik begitu juga dengan aspek lainnya.

Getaran peledakan adalah getaran yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan di tambang terbuka yang berpengaruh terhadap keutuhan bangunan. Besarnya tingkat getaran dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan peledak yang digunakan per waktu tunda (*delay*) sama, struktur batuan dan desain peledakan. Adapun getaran yang dihasilkan pada saat peledakan ada dua yaitu getaran tanah (*ground vibration*) dan getaran udara (*airblast*). Untuk target perusahaan mengharuskan PPV yang dihasilkan kurang dari 2,00 mm/s.

Biaya peledakan merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan suatu proses yang berhubungan dengan peledakan dimana membandingkan antara biaya bahan peledak yang digunakan dengan tonase yang dihasilkan. Biaya bahan peledak adalah biaya yang digunakan untuk pemakaian semua bahan peledak dalam melakukan kegiatan peledakan.

Dari kondisi masalah di atas maka penulis tertarik untuk mengangkat judul penelitian yaitu “**Analisis Pengaruh *Double Deck Primer* Terhadap Fragmentasi Batu Kapur di *Quarry D Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Citeureup Bogor - Jawa Barat***” yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan dan evaluasi bagi perusahaan dalam melakukan peledakan untuk mendapatkan ukuran fragmentasi yang dibutuhkan.

2. Identifikasi Masalah

1. Variasi metode peledakan yang diterapkan di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk hanya menggunakan metode *bottom primer*.
2. *Stiffness Ratio* di PT Indocement Tunggal Prakarsa terlalu besar yaitu 5,33 dikarenakan jenjang yang terlalu tinggi berukuran 16 meter dan burden

berukuran 3 meter, sedangkan *Stiffness Ratio* yang baik yaitu antara 3 sampai 4 untuk menghasilkan fragmentasi yang baik.

3. Ukuran fragmentasi hasil peledakan yang lebih dari 90 cm (*boulder*) di lokasi PT Indocement Tungal Prakarsa lebih dari 10% dari total hasil peledakan yang menyebabkan kegiatan *loading*, *hauling* dan pengolahan pada *crushing* menjadi terhambat.

3. Batasan Masalah

- 1 Geometri yang digunakan dalam perhitungan yaitu geometri yang telah digunakan perusahaan karena geometri telah ditentukan sesuai target perusahaan.
- 2 Perhitungan fragmentasi secara prediksi menggunakan metode *Kuz-Ram* dan pengukuran fragmentasi secara aktual menggunakan metode *high speed photography or image analysis* dengan *software demo Split Desktop*.
- 3 Penelitian dilakukan di *Quarry D blok 2 lokasi 198*.
- 4 Kriteria fragmentasi yang dibutuhkan *crusher* yaitu ≤ 90 cm.
- 5 Kondisi lubang ledak dianggap sama.
- 6 Densitas batuan di tempat penelitian 2,6.
- 7 Faktor Batuan di lokasi peledakan 5,124.
- 8 Detonator yang digunakan adalah detonator listrik.

4. Rumusan Masalah

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

- A. Bagaimana hasil fragmentasi dan getaran hasil peledakan aktual di *Quarry* D blok 2 lokasi 198?
- B. Bagaimana hasil fragmentasi dan getaran hasil peledakan dengan metode *Double Deck Primer* di *Quarry* D blok 2 lokasi 198?
- C. Membandingkan data fragmentasi sebelum dan setelah menggunakan metode *Double deck Primer*?
- D. Bagaimana tingkat hasil getaran tanah dari peledakan sebelum dan setelah menggunakan metode *Double Deck Primer*?
- E. Bagaimana perbandingan biaya bahan peledak sebelum dan setelah menggunakan metode *Double Deck Primer*?

5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. Mendapatkan hasil fragmentasi dan getaran peledakan aktual di *Quarry* D blok 2 lokasi 198.
2. Mendapatkan hasil fragmentasi dan getaran peledakan dengan metode *Double Deck Primer* di *Quarry* D blok 2 lokasi 198.
3. Menganalisis perbandingan fragmentasi sebelum dan setelah menggunakan metode *Double deck primer*.
4. Mendapatkan hasil tingkat getaran tanah dari peledakan sebelum dan setelah menggunakan *Double Deck Primer*.
5. Mendapatkan hasil perbandingan biaya bahan peledak sebelum dan setelah menggunakan *Double Deck Primer*.

6. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diperoleh setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menyelesaikan studi Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang.
2. Mengimpelementasikan ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan ke dunia kerja.
3. Dapat dijadikan sebagai dasar untuk kebijakan perusahaan dalam melakukan kegiatan peledakan agar tidak menghasilkan ukuran fragmentasi yang terlalu besar (*boulder*).
4. Bagi peneliti sebagai penambah wawasan dan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang peledakan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah Perusahaan

PT Indocement Tunggul Prakarsa Tbk. adalah salah satu produsen semen di Indonesia. Indocement merupakan produsen semen terbesar di Indonesia. Selain memproduksi semen, Indocement juga memproduksi beton siap-pakai, serta mengelola tambang agregat dan tras.

Indocement berdiri sejak 16 Januari 1985. Perusahaan ini merupakan hasil penggabungan enam perusahaan semen yang memiliki delapan pabrik. Pabrik pertama Indocement sudah beroperasi sejak 4 Agustus 1975. Tanggal 31 Desember 2017, Indocement memiliki kapasitas produksi sebesar 20,4 juta ton semen per tahun. Selain itu, Indocement juga memiliki kapasitas produksi beton siap-pakai sebesar 4,4 juta meter kubik per tahun dengan 41 *batching* plant dan 706 truk *mixer*, serta memproduksi agregat sebesar 2,7 juta ton.

Indocement memiliki 13 buah pabrik, sepuluh diantaranya berada di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Dua berada di Cirebon, Jawa Barat, dan satu di Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan.

Produk utama Indocement adalah semen tipe *Ordinary Portland Cement* disingkat OPC dan *Pozzolan Portland Cement* disingkat PPC yang kemudian digantikan oleh *Portland Composite Cement* disingkat PCC sejak 2005. Indocement juga memproduksi semen jenis lain misalnya *Portland Cement Type II* dan *Type V* serta *Oil Well Cement*. Indocement juga

merupakan satu-satunya produsen semen jenis Semen Putih (*White Cement*) di Indonesia.

Indocement pertama kali mencatatkan sahamnya di Bursa Efek Indonesia pada 5 Desember 1989. Sejak tahun 2001, Heidelberg Cement Group, yang berbasis di Jerman dan merupakan produsen utama di dunia dengan pabrik di lebih dari 50 negara mengambil alih kepemilikan mayoritas saham di Indocement. Semen yang dipasarkan adalah semen dengan merek "Tiga Roda".

2. Tenaga Kerja

Jumlah karyawan tetap PT Indocement Tunggal Prakarsa di *Quarry D* adalah sebanyak 125 orang.

3. Jam Kerja

Jadwal kegiatan karyawan PT. Indocement Tunggal Prakarsa, dengan perincian sebagai berikut:

- a. Karyawan di kantor, jam 08.00-17.00 WIB.
- b. Karyawan di *workshop* dan tambang, jam 07.00-16.00 WIB.
- c. Karyawan di *Stone Crusher* dan *Loading Hauling*:
 - 1) Shift I: jam 07.00 –15.30 WIB.
 - 2) Shift II: jam 15.30 – 24.00 WIB.
 - 3) Shift III: jam 24.00 – 07.00 WIB

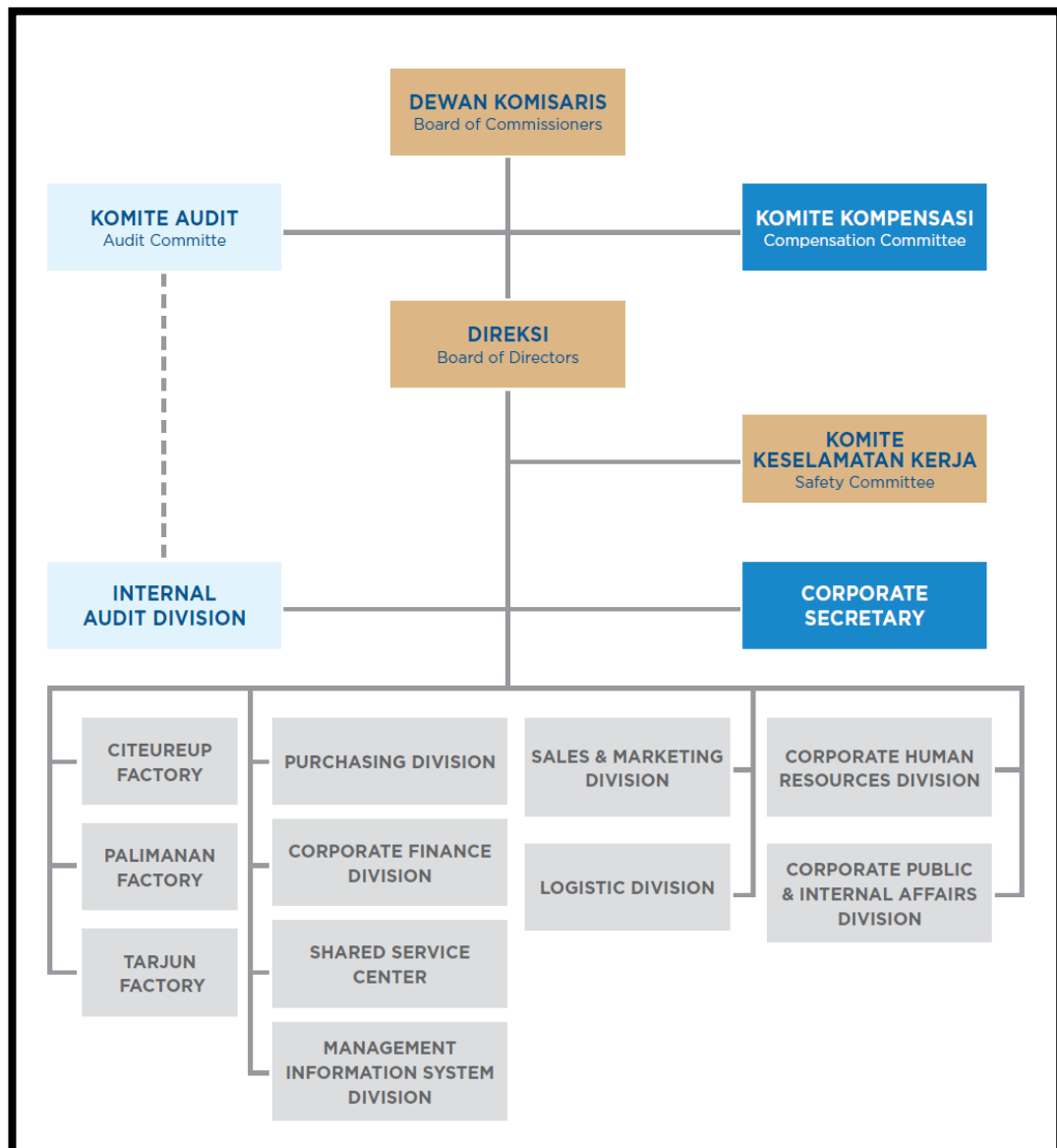
4. Struktur Organisasi

Dalam rangka mewujudkan target dan kelancaran produksi yang optimal maka dibutuhkan koordinasi terstruktur semua pihak untuk

mengontrol unit - unit yang berperan penting di perusahaan PT. Indocement Tungal Prakarsa menerapkan struktur organisasi yang dinamis, efisien dan efektif sesuai dengan perkembangan industri serta dalam rangka mencapai pertumbuhan kinerja yang optimal.

Secara umum PT. Indocement Tungal Prakarsa dipimpin oleh seorang Komisaris Utama yang membawahi keseluruhan unit kerja yang ada. Komisaris Utama bertugas untuk memimpin, mengelola, dan memastikan segala sesuatu yang berkaitan dengan bisnis agar tetap berjalan dengan baik.

Komisaris utama mengawasi secara langsung seluruh kinerja perusahaan PT Indocement Tungal Prakarsa yaitu direktur komersial yang bertanggung jawab mengkoordinir segala sesuatu yang berhubungan dengan penjualan produk, direktur produksi yang bertanggung jawab mengkoordinir segala sesuatu yang berhubungan dengan produksi bahan baku maupun produk akhir, serta direktur keuangan yang bertanggung jawab dalam mengatur keuangan di PT. Indocement Tungal Prakarsa. Struktur organisasi PT ITP dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

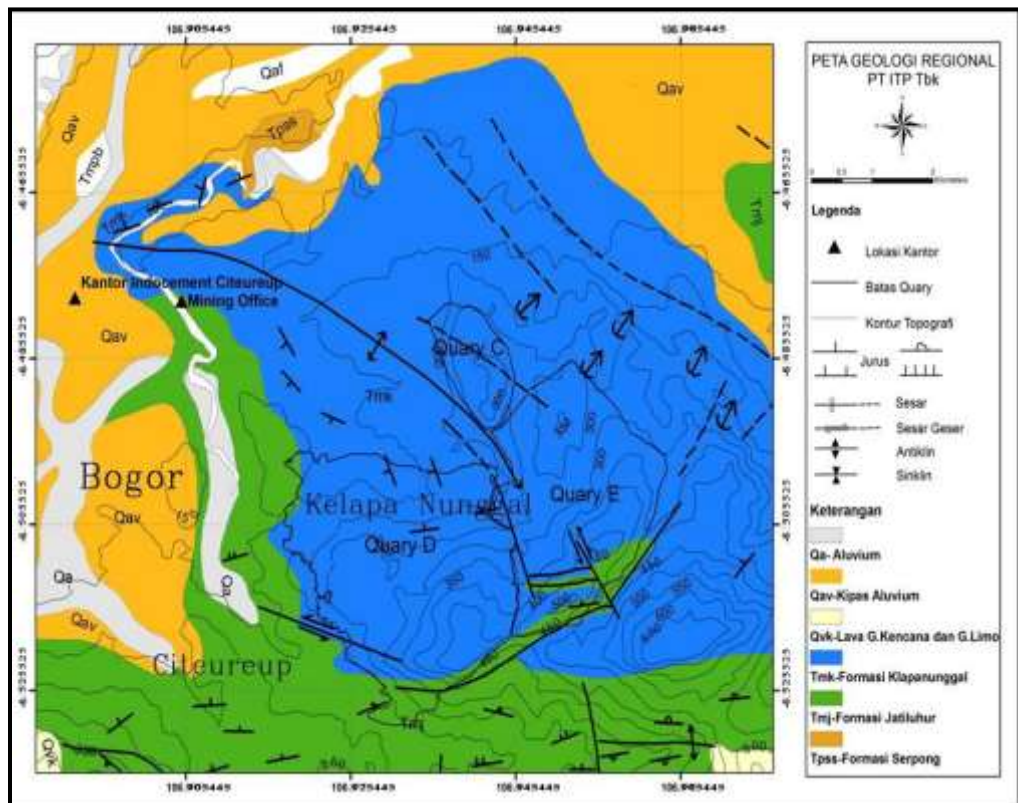


Sumber: PT. Indocement Tunggal Prakarsa tahun 2017

Gambar 1. Struktur Organisasi PT. ITP

5. Kondisi Geologi

Peta geologi PT. Indocement Tunggal Prakarsa dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini:



Sumber: PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk.

Gambar 2. Peta Geologi PT. ITP

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian diakibatkan oleh gaya tektonik yang menghasilkan pengangkatan, perlipatan, patahan dan penerobosan. Kondisi geologi daerah penelitian *Quarry D* terdiri dari:

a. Aluvium (Qa)

Formasi ini diperkirakan berumur Holosen, terdiri dari lempung, lanau, kerikil dan kerakal, terutama endapan sungai termasuk pasir dan kerakal endapan mineral.

b. Kipas Aluvium (Qav)

Formasi ini berumur Pleistosen, terdiri dari terutama lanau, batu pasir, kerikil dan kerakal dari batuan gunung api kuartar, diendapkan kembali sebagai kipas aluvium.

c. Breksi dan lava Gunung Kencana dan Gunung Limo (Qvk)

Formasi ini berumur Pleistosen yang terdiri dari bongkahan-bongkahan andesit dan breksi andesit dengan banyak sekali fenokris piroksen dan lava basal. Batuan ini merupakan batuan gunung api yang berasal dari lajur Gunung Gede.

d. Formasi Klapanunggal (Tmk)

Terdiri dari terutama batu gamping terumbu padat dengan foraminifera besar dan fosil-fosil lainnya termasuk moluska dan echinodermata dan ketebalannya mencapai 500 meter.

e. Formasi Jatiluhur (Tmj)

Formasi Jatiluhur berumur Miosen awal. Formasi ini terdiri dari napal dan serpih lempungan, dan sisipan batu pasir kuarsa, bertambah pasiran ke arah timur. Bagian atas formasi ini menjemari dengan formasi Klapanunggal.

f. Formasi Serpong (Tpss)

Formasi Serpong berumur Pilosen dimana merupakan formasi batuan sedimen berupa perselingan konglomerat, batu pasir, batu lanau, dan batu lempung dengan sisa tanaman, konglomerat batu apung dan batu apung.

6. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administratif, *Quarry D* PT ITP Citeureup beroperasi di Desa Lulut, Kecamatan Klapa Nunggal, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Quarry D* terletak di koordinat astronomis pada garis lintang $06^{\circ} 30' 6,5''$ LS dan garis bujur $106^{\circ} 55' 39''$ BT. Lokasi *Quarry D* terletak di sekitar 45 km sebelah tenggara Kota Jakarta dan 17 km sebelah timur laut Kota Bogor. Peta lokasi PT. ITP terdapat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Peta Lokasi PT. ITP

Wilayah operasi penambangan *Quarry D* PT ITP Citeureup berbatasan dengan:

- a. Batas Utara : Kecamatan Gunung Putri
- b. Batas Timur : Kecamatan Klapanunggal
- c. Batas Selatan : Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang
- d. Batas Barat : Kecamatan Cibinong

Untuk mencapai lokasi penelitian dapat ditempuh dengan cara:

- a. Padang – Jakarta ditempuh melalui jalur udara dengan waktu ± 1 jam 45 menit.
- b. Jakarta – Pabrik Citeureup ditempuh melalui jalur darat dengan jarak tempuh ± 45 km, dan ditempuh dalam waktu $\pm 1,5$ jam.
- c. Pabrik Citeureup – *Quarry D* ditempuh melalui jalur darat dengan jarak tempuh ± 8 km, dan ditempuh dalam waktu ± 30 menit.

Lokasi pabrik dan lokasi *Quarry D* PT ITP Citeureup dapat dicapai dari Kota Jakarta melalui jalan tol Jagorawi kemudian keluar di pintu tol Gunung Putri dan mengambil arah yang menuju Jalan Mayor Oking Jaya Atmaja, Citeureup, Bogor. Rute tersebut bisa ditempuh dengan kendaraan pribadi ataupun dengan kendaraan umum tujuan Grogol – Cibinong dan kemudian dilanjutkan dengan angkot tujuan Cileungsi.

Lokasi pabrik dipilih atas pertimbangan dekatnya pabrik dengan lokasi penambangan. Di samping itu, lokasi pabrik PT ITP Citeureup letaknya sangat strategis, karena berada dalam jaringan pengangkutan ke seluruh daerah pemasaran utamanya di pulau Jawa, yang merupakan konsumen semen terbesar di Indonesia.

Lokasi pabrik juga berdekatan dengan stasiun kereta api yang berada di daerah Nambo. Selain itu, lokasi pabrik juga berada tidak terlalu jauh dari pelabuhan Tanjung Priok, yang merupakan pintu gerbang ekspor dan juga pengangkutan keseluruhan tanah air.

B. Kajian Teoritis

1. Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

Menurut Tim Pengelola IWPL Pertambangan Umum (1996:1) Pecahnya batuan akibat energi peledakan (gambar 4) dibagi dalam 3 tahap, yaitu *dynamic loading*, *quast-static loading*, dan *release of loading*.

a. Proses Pemecahan Batuan Tahap I (*Dynamic Loading*)

Pada saat bahan peledak meledak, tekanan tinggi yang ditimbulkan akan menghancurkan batuan di daerah disekitar lubang ledak. Gelombang kejut (*shock wave*) yang meninggalkan lubang ledak merambat dengan kecepatan 9.000-17.000 ft/det akan mengakibatkan tegangan tangensial (*tangensial stresses*) yang menimbulkan rekahan radial (*radial crack*) yang menjalar dari daerah lubang tembak. Rekahan radikal pertama terjadi dalam waktu 1-2 ms.

b. Proses Pemecahan Batuan Tahap II (*Quast-static Loading*)

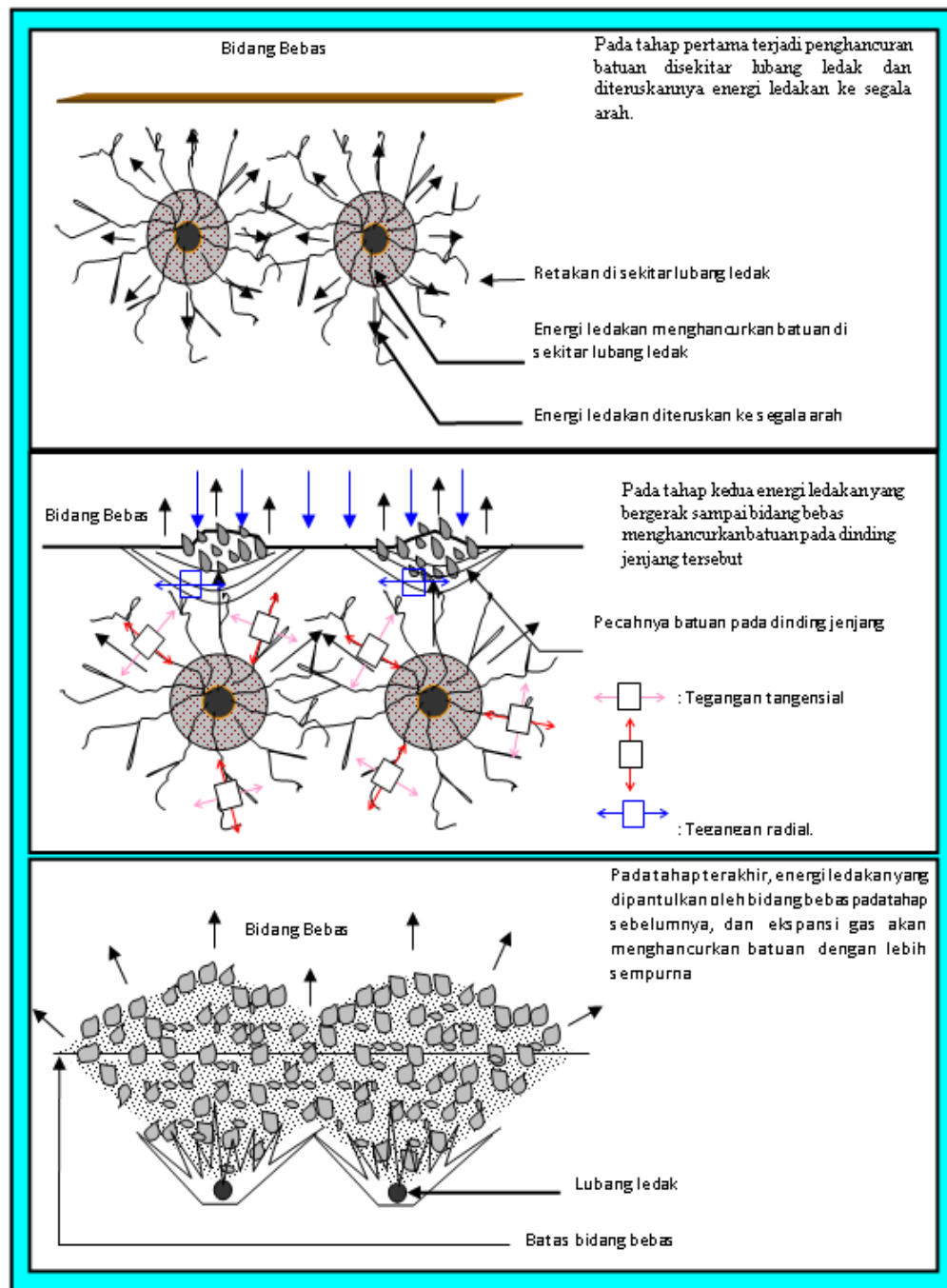
Tekanan akibat gelombang kejut yang meninggalkan lubang tembak pada proses pemecahan tahap I adalah positif. Apabila gelombang kejut mencapai bidang bebas (*free face*), gelombang tersebut akan dipantulkan. Bersamaan dengan tekanannya akan turun dengan cepat dan kemudian berubah menjadi negatif dan timbul gelombang tarik (*tension wave*). Gelombang tarik (*tension wave*) ini merambat kembali di dalam batuan. Oleh karena batuan lebih kecil tahanannya terhadap tarikan (*tension*) daripada tekanan (*compresion*) maka akan terjadi rekahan-rekahan primer (*primery failure cracks*) karena tegangan tarik

(*tensile stress*) yang cukup kuat sehingga menyebabkan *slabbing* atau *spalling* pada bidang bebas. Dalam proses pemecahan tahap I dan tahap II fungsi dari energi yang ditimbulkan gelombang kejut adalah membuat sejumlah rekahan-rekahan kecil pada batuan. Secara teoritis energi gelombang kejut jumlahnya hanya berkisar antara 5-15% dari energi total bahan peledak. Jadi gelombang kejut secara langsung memecahkan batuan, tetapi mempersiapkan kondisi batuan untuk proses pemecahan tingkat akhir.

c. Proses Pemecahan Batuan Tahap III (*Release of Loading*)

Dibawah pengaruh tekanan yang sangat tinggi dari gas-gas hasil peledakan maka rekahan radial utama (tingkat II) akan di perlebar secara cepat oleh kombinasi efek dari tegangan tarik disebabkan kompresi radial (*radial compresion*) dan *pneumatic wedging* (pembajian). Apabila massa batuan di depan lubang ledak gagal dalam mempertahankan posisinya bergerak ke depan maka tegangan tekan tinggi yang berada dalam batuan akan dilepas (*unloaded*), seperti spiral kawat yang ditekan kemudian dilepaskan.

Akibat pelepasan tegangan tekan ini akan menimbulkan tegangan tarik tinggi yang besar dalam massa batuan. Tegangan inilah yang akan melengkapi proses pemecahan batuan yang sudah dimulai pada tahap II. Rekahan hasil dalam pemecahan tahap II merupakan bidang-bidang lemah yang membantu fragmentasi utama pada proses peledakan. Lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar di bawah ini.



Gambar 4. Proses Pecahnya Batuan akibat Peledakan

2. Fragmentasi

Fragmentasi adalah bongkahan-bongkahan batuan hasil dari kegiatan peledakan. Fragmentasi merupakan salah satu tanda dalam mengetahui

keberhasilan dalam peledakan. Sangat penting mengetahui hasil peledakan secara teoritis sebelum peledakan dilakukan.

a. Metode Pengukuran Fragmentasi

1) Perhitungan Fragmentasi Metode *Kuz-Ram*

Menurut Calvin J.Konya,et al dalam Wahyu (2016) 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 diayakan dengan ukuran tertentu. Persamaan *Kuznetsov* (1973) dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

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

Keterangan :

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

A = Faktor Batuan

Vo = Volume batuan perlubang tembak (B x S x L) dalam m³

Q = Berat bahan peledak perlubang tembak (Kg)

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

Indeks n adalah indeks keseragaman, artinya jika nilai n semakin besar maka fragmentasi yang dihasilkan semakin seragam. Tetapi sebaliknya, jika nilai n semakin kecil maka fragmentasi yang dihasilkan ukurannya tak terkontrol, dimana akan terjadi bongkahan yang sangat besar atau sangat kecil. Untuk mencari indeks keseragaman dapat dilihat dari persamaan berikut :

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

Keterangan :

n = Indeks keseragaman

B = *Burden* (m)

D = Diameter lubang (mm)

W = Standar deviasi dari keakuratan pengeboran (m)

A = *Ratio* spasi/*burden*

PC = *Powder Coloumn* (m)

H = Tinggi jenjang (m)

Untuk menentukan distribusi fragmentasi batuan hasil peledakan digunakan persamaan Rossin-Rammler, yaitu :

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

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

Keterangan :

Xc = Karakteristik ukuran (cm)

x = Ukuran ayakan (cm)

n = Indeks keseragaman

R = Material yang tertinggal pada ayakan (%)

e = Nilai eksponen yaitu : 2,71828

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

R merupakan % material yang tertahan pada ayakan, maksudnya adalah bila dilakukan pengayakan maka terdapat persentase material yang tidak lolos.

2) Perhitungan Fragmentasi Metode *Split Desktop*.

Menurut F.I.Siddiqi,et al (2009:83-91) Teknik Pengukuran fragmentasi terbaru menggunakan software pengolahan gambar digital diharapkan dapat menganalisis distribusi batuan hasil peledakan cepat dan akurat. Software pengolah gambar digital telah dikembangkan

sejak tahun 1990-an. Ada beberapa software untuk menganalisis distribusi batuan yaitu Split Dekstop, WipFrag, GoldSize, TUCIPS, CIAS, PowerSieve, IPACS, KTH, WIEP, dll. Keakuratannya bervariasi antara 2 % sampai 20 %. Pada penelitian ini, digunakan Software demo Split Dekstop untuk perhitungan distribusi ukuran. Sistem split merupakan program perhitungan distribusi fragmentasi dari batuan melalui analisis gambar digital grayscale yaitu gambar dengan gradasi warna hitam dan putih. Gambar digital grayscale dapat diperoleh secara manual melalui kamera digital, capture dari individual video, atau melalui scan foto. Subjek dari gambar-gambar ini berupa fragmen batuan dari hasil peledakan. Setelah gambar diambil dan disimpan di komputer, perangkat lunak Split Desktop memiliki lima langkah progresif untuk menganalisis setiap gambar sebagai berikut :

a) *Scale Image*

Menentukan skala yang akan ditentukan untuk setiap gambar yang diambil di lapangan.

b) *Find Particle*

Melakukan penggambaran otomatis dari fragmentasi pada masing-masing gambar yang di proses dan memungkinkan untuk diedit dengan cara didelineasi untuk memastikan hasil akurat.

c) *Done Editing*

Edit fragmen selesai dan disimpan di komputer.

d) *Compute Size*

Melibatkan perhitungan distribusi ukuran berdasarkan fragmen yang digambarkan.

e) *Graphs and Output*

Menyangkut grafik dan berbagai output untuk menampilkan informasi distribusi fragmentasi yang ditampilkan dalam suatu grafik hubungan persen kumulatif material yang lolos dengan ukuran distribusi fragmentasi batuan yang telah ada pada gambar.

Pengukuran fragmentasi (mm) akan dilakukan pada :

- (1) Persen lolos (*passing*) kumulatif 20 %
- (2) Persen lolos (*passing*) kumulatif 50 %
- (3) Persen lolos (*passing*) kumulatif 80 %
- (4) *Topsize*

b. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fragmentasi Hasil Peledakan

Menurut wahyu (2016:39) 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 menunjukan suatu keberhasilan dalam peledakan. Dimana tingkat fragmentasi diharapkan dapat sesuai dengan kapasitas *bucket excavator*,

kapasitas angkut *dumptruck* dalam pekerjaan *loading* material dan ukuran mulut alat peremuk batuan (*crusher*).

Ada dua prinsip yang harus digunakan untuk mengontrol ukuran fragmentasi yaitu cukupnya jumlah energi yang dihasilkan bahan peledak terpakai di dalam massa batuan dan saat pelepasan energi juga tepat agar terjadi interaksi yang tepat. Lebih jauh, distribusi energi di dalam massa batuan terpecah ke dalam dua tahap yang berbeda. Pertama harus ada energi yang cukup untuk menghancurkan massa batuan dengan menggunakan jumlah bahan peledak yang tepat. Bahan peledak juga harus ditempatkan dalam suatu konfigurasi geometri sehingga energi optimum untuk fragmentasi. Konfigurasi geometri ini biasanya disebut dengan pola peledakan. Pelepasan energi pada waktu yang salah dapat mengubah hasil akhir, bahkan meskipun sejumlah energi yang tepat ditempatkan dengan strategis diseluruh massa batuan dalam pola yang tepat. Jika waktu inisiasi tidak tepat, maka dapat terjadi perbedaan pada pecahan batuan, getaran, *airblast*, *flyrock* dan *backbreak*. Faktor yang mempengaruhi fragmentasi batuan yaitu :

1) Faktor-Faktor Yang Tidak Dapat Dikendalikan

Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara alamiah. Faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan adalah:

a) Struktur Geologi

Menurut Koesnaryo (2001:36) Batuan yang menyusun kerak bumi dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Proses terbentuknya suatu jenis batuan berbeda dengan jenis batuan lain. Tiap-tiap tipe batuan tersusun dari mineral-mineral dalam berbagai komposisi, ukuran, tekstur, dan struktur yang berlainan. Batuan yang tersingkap di permukaan bumi akan mengalami proses proses pelapukan dan proses kecepatan proses pelapukan untuk tiap-tiap jenis batuan juga berbeda. Hal ini sangat berpengaruh pada sifat fisik dan mekanik dari batuan. Batuan yang masih segar umumnya memiliki kekuatan yang lebih besar dan akan berkurang sejalan dengan proses pelapukan yang dialami.

Menurut Wahyu (2016:19-20) Struktur geologi yang berpengaruh pada kegiatan peledakan adalah struktur rekahan (*kekar*) dan struktur pelapisan batuan. Kekar merupakan rekahan-rekahan dalam batuan yang terjadi karena 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 pelapisan.

Secara teoris, bila lubang tembak arahnya berlawanan dengan arah kemiringan bidang pelapisan, 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 pelapisan, maka kemungkinan terjadinya *backbreak* lebih besar, lantai jenjang rata, fragmentasi batuan tidak seragam dan batuan akan terlempar jauh serta longsoran akan lebih besar.

b) Karakteristik Massa Batuan

Menurut Wahyu (2016:17-18) Dalam kegiatan pemboran 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.

Sifat batuan yang penting untuk dipertimbangkan dalam rangka perbaikan fragmentasi hasil peledakan antara lain:

(1) Sifat fisik

Pada umumnya bobot isi batuan digunakan sebagai petunjuk kemudahan batuan untuk dipecahkan dan dipindahkan.

Untuk volume batuan yang sama, batuan yang berat memerlukan energi yang lebih besar untuk membongkarnya.

(2) Sifat mekanik

Cepat rambat gelombang, kuat tekan dan kuat tarik kecepatan rambat gelombang tiap batuan berbeda. Batuan yang massif mempunyai kecepatan perambatan gelombang yang tinggi, berkaitan dengan hal tersebut, penggunaan bahan peledak yang mempunyai kecepatan detonasi yang tinggi dapat memberikan hasil fragmentasi yang baik. Kuat tekan dan kuat tarik juga dapat digunakan sebagai petunjuk kemudahan batuan untuk dipecahkan. Batuan pada dasarnya lebih kuat atau tahan terhadap tekanan dari pada tarikan, hal ini dicirikan oleh kuat tekan batuan lebih besar dibandingkan dengan kuat tariknya.

c) Pengaruh air tanah

Menurut Koesnaryo (2001:39) Kandungan air dalam jumlah yang cukup banyak dapat mempengaruhi stabilitas kimia bahan peledak yang sudah diisikan kedalam lubang ledak. Kerusakan sebagian isian bahan peledak dapat mengurangi kecepatan reaksi bahan peledak sehingga akan mengurangi energi peledakan, atau bahkan isian akan gagal meledak (*misfire*). Misalnya ANFO yang dapat larut dalam air, tidak dapat digunakan untuk zona peledakan yang banyak airnya. Untuk mengatasi pengaruh air, dapat menggunakan pompa untuk mengeluarkan air tersebut dari lubang

ledak kemudian membungkus bahan peledak menggunakan plastik. Penutupan pada lubang ledak pada saat hujan juga merupakan salah satu cara mengurangi pengaruh air. Alternatif lain dalam mengatasi pengaruh air dalam lubang ledak adalah dengan menggunakan bahan peledak yang tahan terhadap air atau dengan kata lain bahan peledak tersebut mempunyai ketahanan terhadap air (*water resistance*) yang sangat baik, contohnya emulsi, *watargel* atau *slurries*.

d) Kondisi cuaca

Menurut Koesnaryo (2001:40) Kondisi cuaca mempunyai pengaruh besar terhadap kegiatan pembongkaran batuan, hal ini berkaitan dengan jadwal waktu kerja efektif rata-rata. Dalam suatu operasi peledakan, proses pengisian dan penyambungan rangkaian lubang ledak dilakukan pada cuaca normal, dan harus dihentikan ketika cuaca mendung apalagi disertai kilat, dan hal ini sangat membahayakan apabila menggunakan metode peledakan listrik, karena kilatan dapat mengaktifasi aliran listrik, sehingga akan terjadi peledakan prematur. Pada daerah tropis, semakin banyak hari hujan berarti jumlah jam kerja efektif untuk operasi peledakan menjadi semakin pendek. Semuanya itu demi kelancaran proses peledakan dan disamping itu akan menjamin keamanan para pekerja.

2) Faktor-Faktor Yang Dapat Dikendalikan

Faktor-faktor yang dapat dikendalikan adalah faktor-faktor yang dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu

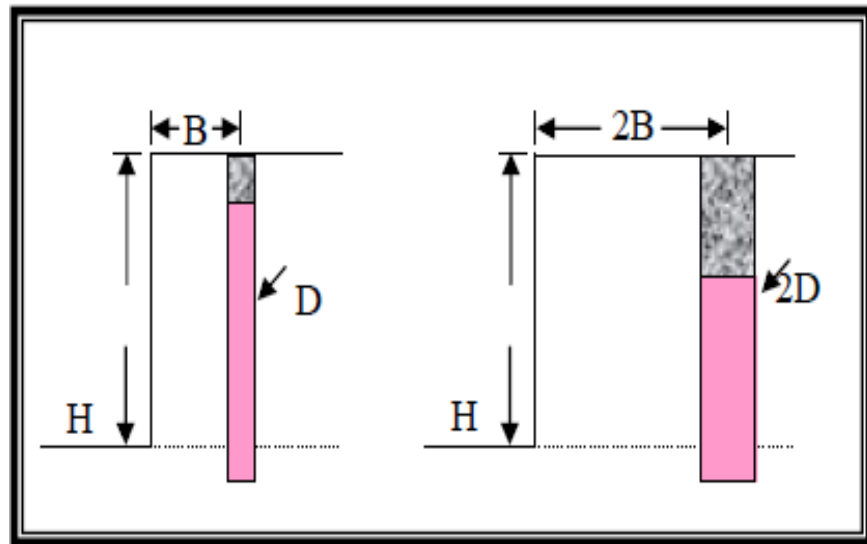
peledakan dengan geometri pemboran dan geometri peledakan untuk memperoleh fragmentasi hasil peledakan yang diharapkan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah:

a) Diameter Lubang Ledak

Pemilihan lubang ledak tergantung pada tingkat produksi yang diinginkan. Pemilihan ukuran lubang ledak secara tepat sangatlah penting guna memperoleh hasil fragmentasi secara maksimal dengan biaya rendah. Diameter lubang ledak berpengaruh pada penentuan jarak *burden*, *spacing* dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya (Gambar 5). Menurut Koesnaryo (2001:41) Faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan diameter lubang ledak antara lain:

- (1) Volume massa batuan yang akan di bongkar (volume produksi)
- (2) Tinggi jenjang dan konfigurasi isian
- (3) Tingkat fragmentasi yang diinginkan
- (4) Mesin bor yang tersedia (hubungannya dengan biaya pemboran)
- (5) Kapasitas alat muat yang akan menangani material hasil peledakan.

Pengaruh diameter lubang terhadap *burden* dan *stemming* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



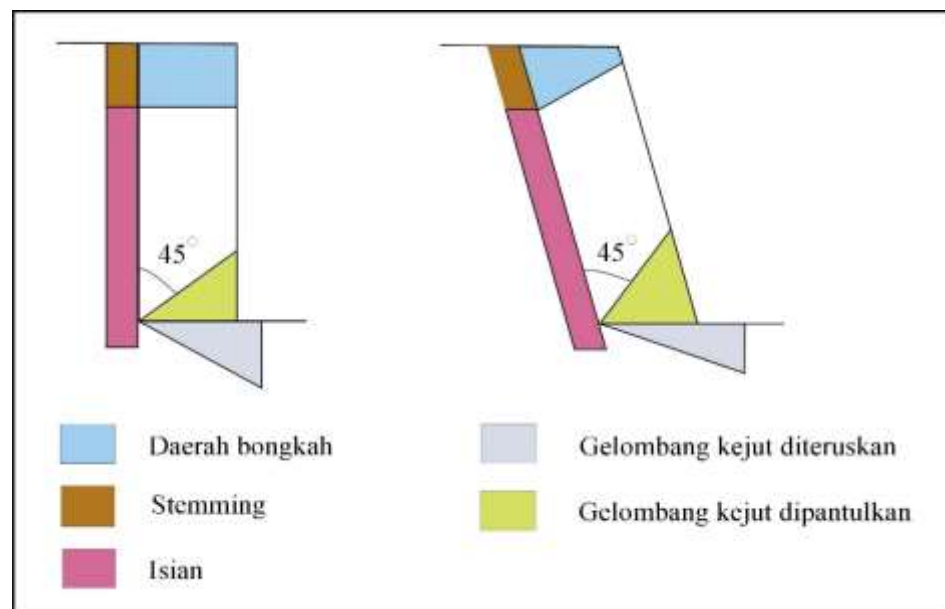
Gambar 5. Pengaruh Diameter Lubang Terhadap *Burden* dan *Stemming*

Diameter lubang ledak berpengaruh terhadap panjang *stemming*. Untuk menghindari getaran tanah dan batuan terbang (*flyrock*), maka lubang ledak yang berdiameter besar harus mempunyai *stemming* yang panjang. Sedangkan jika lubang ledak berdiameter kecil maka *stemming* yang digunakan menjadi lebih pendek, agar tidak terjadi bongkah pada hasil peledakan. Jika *stemming* terlalu panjang, maka energi ledakan tidak mampu menghancurkan batuan pada daerah di sekitar *stemming* tersebut.

Diameter lubang ledak juga dibatasi oleh tinggi jenjang. Untuk tinggi jenjang tertentu terdapat batas minimum diameter lubang ledak tertentu pula, apabila batas minimum ini tidak tercapai maka akan terjadi penyimpangan berlebihan yang bersifat merusak, yaitu pemecahan yang tidak merata di sepanjang lantai jejang serta akan menyebabkan getaran tanah.

b) Arah dan Kemiringan Lubang Ledak

Kemiringan lubang ledak secara teoritis ada dua, yaitu lubang ledak tegak dan lubang ledak miring. Rancangan peledakan yang menerapkan lubang ledak tegak, maka gelombang tekan yang dipantulkan oleh bidang bebas lebih sempit, sehingga kehilangan gelombang tekan akan cukup besar pada lantai jenjang bagian bawah, hal ini dapat menyebabkan timbulnya tonjolan pada lantai jenjang. Seangkan pada peledakan dengan lubang ledak miring akan membentuk bidang bebas yang lebih luas, sehingga akan mempermudah proses pecahnya batuan dan kehilangan gelombang tekan pada lantai jenjang menjadi kecil seperti Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pemboran Lubang Ledak Tegak Dan Lubang Ledak Miring

Biasanya perusahaan tambang yang menggunakan alat bor jenis putar tumbuk akan menerapkan sistem pemboran miring, akan

tetapi pada perusahaan pertambangan terbuka yang mempunyai daerah operasi penambangan besar cenderung menggunakan sistem pemboran tegak.

Untuk menentukan arah pemboran, perlu diperhatikan keuntungan dan kerugian dari masing – masing arah pemboran (Koesnaryo,2001:43).

(1) Keuntungan dan kerugian untuk sistem pemboran miring.

(a) Keuntungan dari sistem pemboran miring adalah :

- (i) Fragmentasi hasil peledakan lebih baik dan seragam.
- (ii) Dinding jenjang dan lantai jenjang yang dihasilkan relatif lebih rata.
- (iii) Mengurangi terjadinya pecah berlebihan pada batas baris lubang tembak bagian belakang (*back break*).
- (iv) Memperkecil bahaya longsoran pada jenjang, sehingga keamanan untuk para pekerja dan alat lebih aman.
- (v) Bidang bebas yang terbentuk menjadi lebih lebar.
- (vi) *Powder factor* lebih rendah, ketika gelombang kejut yang dipantulkan untuk menghancurkan batuan pada lantai jenjang lebih efisien.
- (vii) Produktifitas *wheel loader* tinggi karena tumpukan hasil peledakan (*muckpile*) lebih rendah dan seragam.

(viii) *Subdrilling* lebih pendek, sehingga penggunaan energi peledakan lebih efisien dan getaran yang dihasilkan lebih kecil.

(b) Kerugian dari sistem pemboran miring adalah :

- (i) Kesulitan dalam penempatan sudut kemiringan yang sama antar lubang tembak serta dibutuhkan lebih banyak ketelitian dalam pembuatan lubang bor.
- (ii) Panjang lubang ledak dan waktu yang dibutuhkan untuk pemboran lebih panjang.
- (iii) Mengalami kesulitan dalam pengisian handak.
- (iv) Pada pemboran lubang ledak dalam, sudut deviasi yang dibentuk akan semakin besar

(2) Keuntungan dan kerugian untuk sistem pemboran tegak

(a) Keuntungan lubang ledak tegak adalah :

- (i) Pemboran dapat dilakukan dengan lebih mudah dan lebih akurat.
- (ii) Untuk tinggi jenjang sama lubang ledak akan lebih pendek jika dibanding dengan lubang ledak miring

(b) Kerugian lubang ledak tegak adalah :

- (i) Kemungkinan timbulnya tonjolan pada lantai jenjang (*remnant toe*) besar.
- (ii) Kemungkinan timbulnya retakan ke belakang jenjang (*back break*) dan getaran tanah lebih besar.

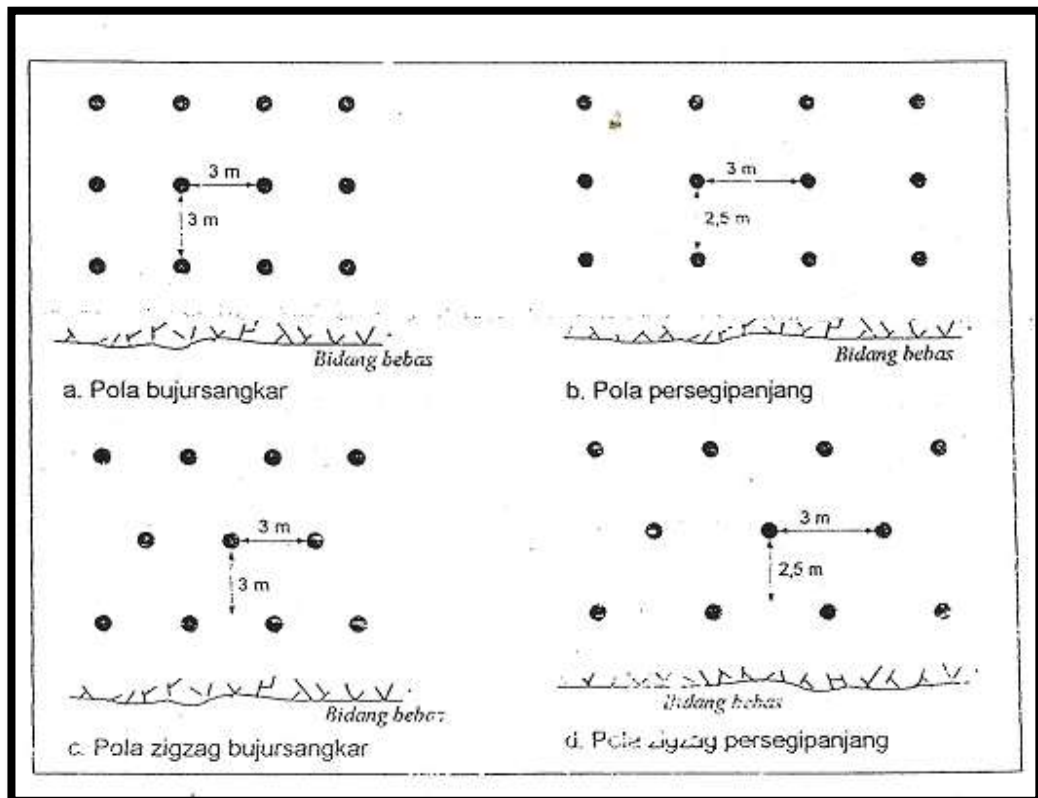
(iii) Lebih banyak menghasilkan bongkah pada daerah di sekitar *stemming*.

c) Pola Pemboran

Menurut Pusdiklat ESDM Minerba (2016:6) Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas, disebut *crater blasting*, akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada tambang terbuka (gambar 7) selalu dibuat minimal dua bidang bebas yaitu (1) dinding bidang bebas dan (2) puncak jenjang (*top bench*). Selanjutnya terdapat tiga pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu:

- (1) Pola bujursangkar (square pattern), yaitu jarak *burden* dan spasi nya sama.
- (2) Pola persegi panjang (rectangular pattern), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibanding *burden*.
- (3) Pola zigzag, yaitu antar lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola bujursangkar.
- (4) Pola zigzag persegi panjang, yaitu antar lubang bor dibuat zigzag yang berasal dari pola persegi panjang.

Untuk sketsa pengeboran tambang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Sumber: Koesnaryo (2001)

Gambar 7. Sketsa Pola Pengeboran Pada Tambang Terbuka

d) Geometri Peledakan

Menurut R.L. Ash dalam Raka (2016:52-58) Berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh di berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda, rumusan-rumusan empirik yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam rancangan awal suatu peledakan batuan.

(1) *Burden* (B)

Burden adalah jarak dari lubang ledak dengan bidang bebas yang terdekat, dan arah di mana perpindahan akan terjadi. Pada daerah ini energi ledakan adalah 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 dari pecahan batuan sesuai dengan yang diinginkan. Jarak *burden* yang terlalu kecil dapat menyebabkan terjadinya batuan terbang dan suara yang keras. Sedangkan jarak *burden* yang terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi yang kurang baik, dan akan menyebabkan batuan di sekitar *burden* tidak akan hancur.

Pada kondisi batuan yang berbeda dan penggunaan bahan peledak yang berbeda, maka harga K_b turut berubah. Untuk mengatasi perubahan angka K_b perlu dihitung terlebih dahulu harga faktor penyesuaian pada kondisi batuan dan bahan peledak yang berbeda.

Menurut Koesnaryo (2001:51) Untuk menentukan *burden*, maka menggunakan rumus:

$$B = \frac{K_b \times D_e}{39,3} \text{ meter}$$

Keterangan :

B = *burden*, meter

K_b = *burden ratio*

D_e = diameter lubang ledak, *inch*

39,3 = faktor perubah *inch* kedalam satuan meter

(2) *Spacing* (S)

Spacing adalah jarak antara dua lubang ledak yang berdekatan dalam satu baris. Besar *spacing* dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = B \times K_s$$

Keterangan :

S = *spacing*, meter.

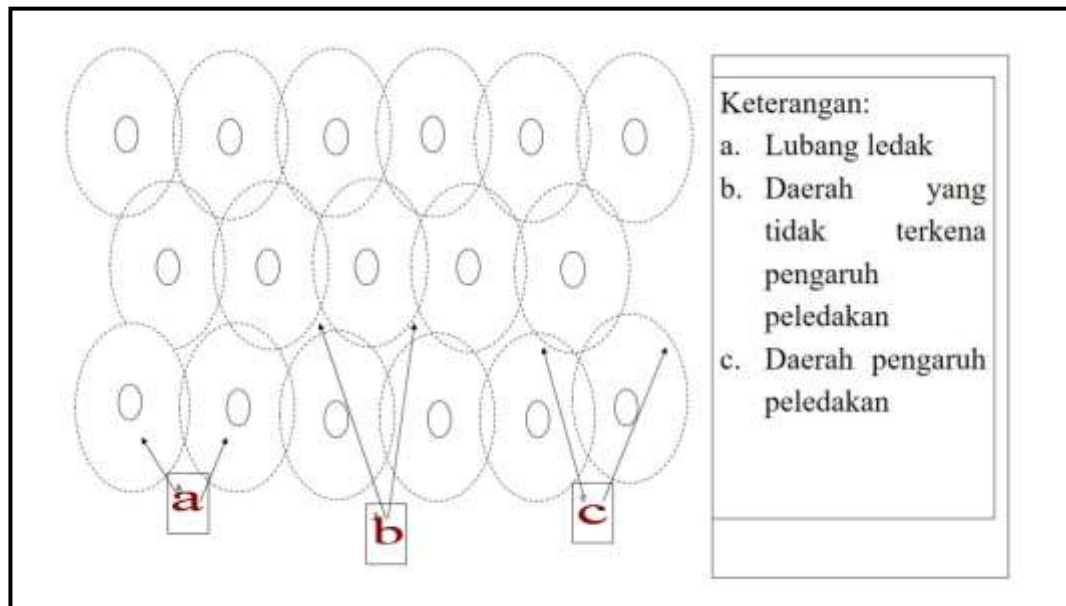
B = *burden*, meter.

K_s = *spacing ratio*

Spacing yang lebih kecil dari ketentuan akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Tetapi jika *spacing* lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkah (*boulder*) dan tonjolan (*stamp*) di antara dua lubang ledak setelah peledakan. Berdasarkan cara urutan peledakannya penentuan *spacing* adalah sebagai berikut (Gambar 8):

- (a) Untuk pola peledakan serentak maka $S = 2B$
- (b) Untuk pola peledakan beruntun dengan *Delay interval* lama maka $S = B$
- (c) Untuk pola peledakan dengan *milisecond Delay*, maka S antara 1B sampai 2B
- (d) Jika terdapat kekar yang tidak saling tegak lurus, maka S antara 1,2B sampai 1,8B
- (e) Peledakan dengan pola *equilateral* dan beruntun tiap lubang ledak dalam baris yang sama, $S = 1,15B$

Pengaruh *spacing* pada penyebaran energi peledakan lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 di bawah ini.



Sumber: Koesnaryo (2001)

Gambar 8. Pengaruh *Spacing* Pada Penyebaran Energi Ledakan

(3) *Stemming* (T)

Stemming merupakan panjang isian lubang ledak yang tidak diisi bahan peledak, tetapi diisi material seperti tanah liat atau material hasil pemboran (*cutting*).

Fungsi *stemming* adalah :

- (a) Meningkatkan *confining pressure* dari gas hasil peledakan.
- (b) Menyeimbangkan tekanan di daerah *stemming*.
- (c) Mengontrol kemungkinan terjadinya *airblast* dan *flyrock*.

Untuk menghitung panjang *stemming* perlu ditentukan *stemming ratio* terlebih dahulu (K_t), yaitu perbandingan panjang *stemming* dengan *burden*. Biasanya K_t standar yang dipakai

0,70 dan ini cukup mengontrol *airblast*, *flyrock* dan *stressbalance*. Untuk menghitung *stemming* dipakai persamaan:

$$T = B \times Kt$$

Keterangan :

T = *stemming*, meter

Kt = *stemming ratio* (0,75 – 1,00)

Ukuran material *stemming* sangat berpengaruh terhadap hasil peledakan, apabila bahan *stemming* terdiri dari butiran-butiran halus hasil pemboran, kurang memiliki gaya gesek terhadap lubang ledak sehingga udara yang bertekanan tinggi akan dengan mudah mendorong material *stemming* tersebut, sehingga energi yang seharusnya untuk menghancurkan batuan, banyak yang hilang keluar melalui lubang *stemming*. Untuk mencegahnya maka digunakan bahan yang berbutir kasar dan keras. Bahan ini mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- (a) Mempunyai bentuk susunan butir yang saling berkait dengan kuat.
 - (b) Membentuk sambungan pasak dengan dinding lubang ledak, sehingga mencegah keluarnya gas secara prematur.
- (4) Kedalaman lubang (H)

Kedalaman lubang biasanya ditentukan berdasarkan kapasitas produksi yang diinginkan dan kapasitas dari alat muat. Sedangkan untuk menentukan kedalaman lubang dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$H = K_h \times B$$

Keterangan :

H = kedalaman lubang, meter

K_h = *hole depth ratio* (1,5 – 4,0)

(5) *Subdrilling* (J)

Subdrilling adalah tambahan kedalaman dari lubang bor di bawah lantai jenjang yang dibuat agar jenjang yang dihasilkan sebatas dengan lantainya dan 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 (*toe*) karena batuan tidak akan terpotong sebatas lantai jenjangnya. Panjang *subdrilling* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$J = B \times K_j$$

Keterangan :

J = *subdrilling*, meter

K_j = *subdrilling ratio* (0,2 – 0,3)

(6) Panjang Kolom Isian (PC)

Panjang kolom isian dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$PC = H - T$$

Keterangan :

PC = panjang kolom isian, meter

H = kedalaman lubang ledak, meter

T = *stemming*, meter

(7) Pemakaian Bahan Peledak

Untuk menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam setiap lubang ledak maka terlebih dahulu ditentukan *loading density*. *Loading density* sendiri merupakan jumlah isian bahan peledak per meter panjang kolom isian. Untuk menentukan *loading density* digunakan rumus:

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

Keterangan :

de = *Loading density*, kg/m

SG = berat jenis bahan peledak

De = diameter mata bor, *inch*

Untuk menentukan banyaknya bahan peledak dalam setiap lubang digunakan rumus :

$$E = Pc \times de \times N$$

Keterangan :

E = jumlah bahan peledak kg

Pc = tinggi kolom isian, meter

De = *loading density*, kg/m

N = jumlah lubang ledak

(8) Powder Factor (PF)

Powder factor (Pf) adalah bilangan untuk menyatakan jumlah material yang diledakkan atau dibongkar oleh bahan peledak dalam jumlah tertentu, dapat dinyatakan dalam kg/ton.

$$Pf = \frac{E_{tot}}{W}$$

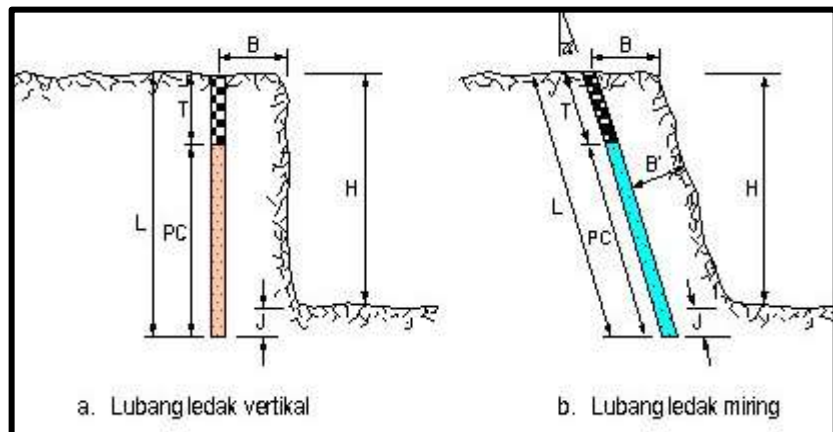
Keterangan :

Pf = *Powder factor* (kg/ton)

E_{tot} = berat bahan peledak yang digunakan (kg)

W = berat batuan yang diledakkan (ton)

Untuk geometri peledakan lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Sumber: Pusdiklat ESDM Minerba (2016)

Gambar 9. Geometri Peledakan

e) Pola Peledakan

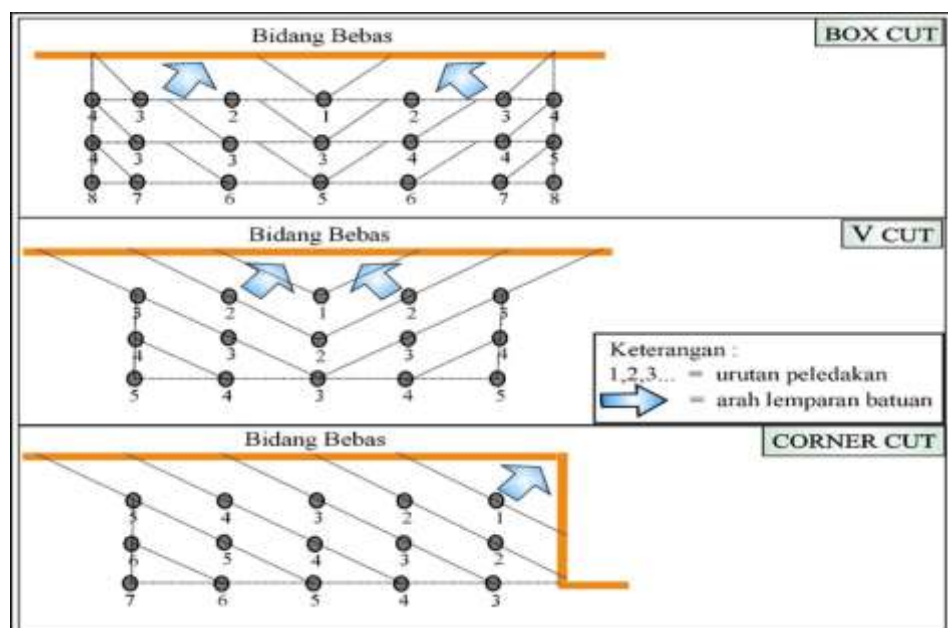
Menurut Pusdiklat ESDM Minerba (2016:11) Pola peledakan meunjukkan urutan atau sekuensial ledakan dari sejumlah bahan peledak. Adanya urutan peledakan berarti terdapat jeda waktu ledakan diantara lubang-lubang ledak yang disebut dengan *Delaytime*. Pola peledakan ditentukan tergantung arah mana pergerakan material yang diharapkan. Beberapa kemungkinan sebagai acuan dasar sebagai penentuan pola peledakan pada tambang terbuka yaitu:

- (1) Peledakan serentak atau *instantaneous* atau *simultaneous*
- (2) Peledakan tunda antar baris
- (3) Peledakan tunda antar beberapa lubang
- (4) Peledakan tunda antar lubang

Orientasi retakan cukup besar pengaruhnya terhadap penentuan pola pemboran dan peledakan yang pelaksanaannya diatur melalui perbandingan *spacing* (S) dan *burden* (B). Berdasarkan arah runtuhannya (Gambar 10), 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 runtuh batuan ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.
- (3) *V Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan dan membentuk huruf V.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Sumber: Modul Praktikum Komputasi dan Simulasi Tambang UNP (2016)
Gambar 10. Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan

f) Waktu Tunda (*Delay time*)

Menurut Octova (2016) Waktu tunda merupakan penundaan waktu peledakan antara baris yang depan dengan baris dibelakangnya atau antar lubang dengan menggunakan *Delay detonator*. Pemakaian *Delay detonator* sebagai waktu tunda dimaksudkan untuk mendapatkan perbedaan waktu peledakan antara dua lubang ledak sehingga diperoleh peledakan secara beruntun.

Keuntungan dari peledakan dengan memakai *Delay detonator* adalah:

- 1) Fragmentasi batuan hasil peledakan akan lebih seragam dan baik.
- 2) Mengurangi timbulnya getaran tanah, *flyrock* dan *airblast*.
- 3) Dapat mengatur arah lemparan sesuai yang diinginkan.
- 4) Batuan hasil peledakan (*muckpile*) tidak menumpuk terlalu tinggi.

Tujuan penyalaan dengan waktu tunda adalah untuk mengurangi jumlah batuan yang meledak dalam waktu yang bersamaan, dan memberikan tenggang waktu pada material yang dekat dengan bidang bebas untuk dapat meledak secara sempurna serta untuk menyediakan ruang atau bidang bebas baru bagi baris lubang ledak berikutnya.

Bila waktu tunda antar baris terlalu pendek maka beban muatan pada baris depan menghalangi pergeseran baris berikutnya, material pada baris kedua akan tersembur kearah vertikal dan

membentuk tumpukan. Tetapi bila waktu tundanya terlalu lama, maka produk hasil bongkaran akan terlempar jauh kedepan serta kemungkinan besar akan mengakibatkan *flyrock*. Hal ini disebabkan karena tidak ada dinding batuan yang berfungsi sebagai penahan lemparan batuan di belakangnya. Untuk menentukan interval tunda antar baris tidak kurang dari 2 ms/ft dan tidak lebih dari 6 ms/ft, persamaan di bawah ini dapat digunakan untuk menentukan besarnya interval waktu antar baris.

$$tr = Tr \times B$$

Keterangan :

tr = interval waktu antar baris, ms

Tr = konstanta waktu antar baris (Tabel 1)

B = *burden*, meter

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Tabel 1. Konstanta Waktu Antar Baris

Konstanta Tr	Akibat yang dihasilkan
2	Keras, <i>airblast</i> berlebihan, <i>backbreak</i> , dll.
2 – 3	Runtuhan tinggi dekat jenjang, <i>airblast</i> moderat
3 – 4	Tinggi runtuhan cukup, <i>airblast</i> dan <i>backbreak</i> cukup
4 – 6	Runtuhan berpencar dengan <i>backbreak</i> minimum
7 – 14	<i>Casting</i> peledakan

Sumber: Koesnaryo (2001:49)

g) Sifat Bahan Peledak

Menurut Adree Octova (2016) Bahan peledak adalah suatu rakitan yang terdiri dari bahan – bahan berbentuk padat, atau cair, atau campuran keduanya, yang apabila terkena suatu aksi seperti panas, benturan, gesekan, dan sebagainya akan bereaksi dengan kecepatan tinggi, membentuk gas dan menimbulkan efek panas serta tekanan yang sangat tinggi.

Sifat – sifat bahan peledak yang mempengaruhi hasil peledakan yaitu kekuatan, kecepatan detonasi, kepekaan, bobot isi, tekanan detonasi, ketahanan terhadap air, sifat gas beracun

(1) Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan suatu bahan peledak adalah ukuran yang dipergunakan untuk mengukur energi yang terkandung pada bahan peledak dan kerja yang dapat dilakukan oleh bahan peledak tersebut.

Kekuatan dinyatakan dalam persen (%) dengan *Straight Nitroglycerin Dynamite* sebagai bahan peledak standard yang mempunyai bobot isi (*specific gravity*) sebesar 1,2 dan kecepatan detonasi (VOD) 12.000 fps. Pada umumnya semakin besar bobot isi dan kecepatan detonasi suatu bahan peledak maka kekuatannya juga semakin besar.

(2) Kecepatan Detonasi

Kecepatan detonasi (*Velocity of Detonation* = VOD) adalah kecepatan gelombang detonasi yang melalui sepanjang kolom isian bahan peledak, yang dinyatakan dalam meter/detik. Kecepatan detonasi suatu handak tergantung pada beberapa faktor, yaitu bobot isi bahan peledak, diameter bahan peledak, derajat pengurangan, ukuran partikel dari bahan penyusunnya dan bahan – bahan yang terkandung dalam bahan peledak.

Untuk peledakan pada batuan keras digunakan bahan peledak yang mempunyai kecepatan detonasi tinggi sedangkan pada batuan lunak digunakan handak dengan kecepatan detonasi rendah. Kecepatan detonasi bahan peledak komersial adalah antara 1.500 – 8000 m/s.

(3) Kepekaan (*Sensitivity*)

Kepekaan adalah ukuran besarnya *impuls* yang diperlukan oleh suatu bahan peledak untuk memulai beraksi dan menyebarkan reaksi peledakan ke seluruh isian. Kepekaan handak tergantung pada komposisi kimia, ukuran butir, bobot isi, pengaruh kandungan air, dan temperatur.

Bahan peledak yang sensitif belum tentu bagus, namun bahan peledak yang mudah penyebaran reaksinya dan tidak peka adalah lebih menguntungkan dan lebih aman.

(4) Bobot Isi Bahan Peledak

Bobot isi bahan peledak adalah perbandingan antara berat dan volume bahan peledak, dinyatakan dalam gr/cm^3 . Bobot isi biasanya juga dinyatakan dengan istilah *Spesific Gravity* (SG), *Stick Count* (SC), ataupun *loading density* (de).

(5) Tekanan Detonasi

Tekanan detonasi adalah penyebaran tekanan gelombang ledakan dalam kolom isian bahan peledak, dinyatakan dengan *kilobar (kb)*. Tekanan akibat ledakan di sekitar dinding lubang ledak intensitasnya tergantung pada jenis bahan peledak (kekuatan, bobot isi, VOD), derajat pengurangan, jumlah dan temperatur gas hasil ledakan.

(6) Ketahanan Terhadap Air (*Water Resistance*)

Ketahanan terhadap air suatu bahan peledak adalah kemampuan bahan peledak itu dalam menahan rembesan air dalam waktu tertentu tanpa merusak, mengurangi, merubah kepekaannya. Ketahanan ini dinyatakan dalam jam.

Sifat ini sangat penting dalam kaitannya dengan kondisi kerja, sebab untuk sebagian besar jenis bahan peledak, adanya air dalam lubang ledak mengakibatkan ketidakseimbangan kimia dan memperlambat reaksi pemanasan. Disamping itu, air dapat melarutkan sebagian kandungan bahan peledak sehingga menyebabkan bahan peledak rusak.

(7) Sifat Gas Beracun (*Fumes*)

Bahan peledak yang meledak menghasilkan dua kemungkinan jenis gas, yaitu *smoke* atau *fumes*. *Smoke* tidak berbahaya karena hanya mengandung uap air (H_2O) dan asap berwarna putih (CO_2). Sedangkan *fumes* berwarna kuning dan berbahaya karena sifatnya beracun, yang terdiri dari karbon monoksida (CO) dan oksida nitrogen (NO_x). *Fumes* terjadi karena tidak terjadi keseimbangan oksigen dalam pembakaran, hal ini dikarenakan bahan peledak tersebut dalam keadaan rusak.

3. *Double Deck Primer*

Double Deck Primer adalah metode pengisian bahan peledak (*charging*) kedalam lubang ledak (*hole*) dengan susunan dua kolom atau dua tingkat bahan peledak yang dipisahkan oleh material (*stemming*) antar kedua bahan peledak tersebut. Pada metode *Double Deck primer*, susunan bahan peledak pada setiap lubang ledak yaitu detonator dengan ikatan *Power gel (Primer)*, ANFO, *stemming* dalam, Detonator dengan *Power gel (primer)* lagi, ANFO lagi, dan *stemming* luar.

Metode pengisian *Double Deck Primer* atau *Deck Loading* dilakukan dengan beberapa pertimbangan.

a. Kedalaman yang terlalu tinggi

Untuk kedalaman lubang dengan *stiffness ratio* lebih dari 4, apabila diisi bahan peledak dengan metode *convensional*, maka hasil yang didapatkan kurang bagus dan juga memboroskan pemakaian bahan

peledak. Fragmentasi yang dihasilkan juga jauh berbeda. Batuan yang berada pada isian bahan peledak atau pada bagian tengah dan bawah dari kolom pengisian bahan peledak, akan menghasilkan fragmentasi yang halus (*fines*), sedangkan batuan yang berada pada bagian atas atau bagian stemming akan menghasilkan *boulder*.

b. Struktur geologi batuan

Pada formasi batuan yang mempunyai banyak struktur seperti rekahan maupun retakan, metode *Double Deck Primer* lebih baik digunakan karena rekahan tersebut dapat membantu dalam pemberaian formasi batuan itu sendiri. Retakan maupun rekahan akan memberikan sedikit freeface untuk peledakan sehingga pemberaian batuan akan lebih mudah dan cepat.

c. Perlapisan formasi batuan

Peledakan dengan metode *Double Deck Primer* juga digunakan untuk meningkatkan efisiensi peledakan pada batuan kompak yang berlapis-lapis, sehingga perlu energi yang besar untuk memberaikan batuan tersebut.

Sebagai contoh pada lokasi penambangan dijumpai perlapisan yang susunan vertikalnya seperti *top soil - hard rock - Overburden – seam – very hard toe*. Pada bagian *hard rock* dan *very hard toe* perlu gelombang kejut yang kuat untuk memberaiknya, maka pada bagian tersebut diisi dengan bahan peledak.

d. Mengurangi efek vibrasi

Dengan peledakan metode *convensional*, peledakan yang dilakukan dalam satu lubang ledak akan berakibat tingginya efek getar yang dihasilkan ke permukaan karena tekanan gelombang kejut yang dikeluarkan bahan peledak hanya di *reduce* oleh *stemming* bagian atas saja.

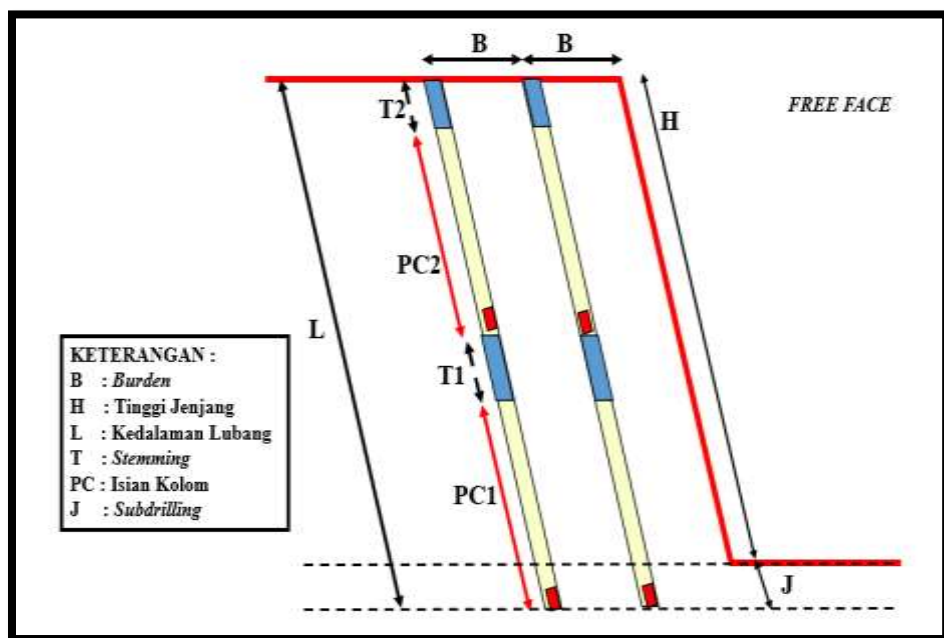
Peledakan yang menggunakan metode *Double Deck Primer* juga dapat mengurangi efek getar permukaan dengan hambatan dua stemming. Apabila dalam satu lubang ledak dipasang detonaor *delay*, maka efek vibrasi bahan peledak bagian bawah akan dihambat oleh stemming dalam sehingga getarannya menjadi lebih kecil.

Sistem *Double Deck Primer* ini digunakan dengan tujuan untuk mengurangi isian bahan peledak dalam satu lubang sehingga diperoleh juga efisiensi bahan peledak.

Dalam menentukan isian jumlah bahan peledak *Double Deck Primer*, cara yang digunakan yaitu dengan menggunakan dua *primer* di masing-masing kolom dan dua stemming didalam dan diatas.

Pada batuan yang banyak rekahannya (*non homogen*), jika dihitung pada kedalaman yang sama, penerapan metode *Double Deck Primer* lebih hemat dan ekonomis dalam pemakaian bahan peledak karena adanya *stemming* dalam pada lubang peledakan tersebut sementara untuk batuan yang memiliki retakan, gelombang kejut yang dibutuhkan untuk memberaikan batuan juga tidak terlalu besar.

Keekonomisan *Double Deck Primer* dicapai dengan pengurangan pemakaian bahan peledak ANFO disetiap lubang ledak, meskipun tiap-tiap lubang ditambah primer. Hal ini dikarenakan biaya penambahan primer masih lebih murah dibandingkan dengan biaya pengurangan ANFO pada biaya peledakan secara keseluruhan.



Gambar 11. Double Deck Primer

4. Getaran Tanah

Getaran peledakan adalah getaran yang diakibatkan oleh aktivitas peledakan di tambang terbuka yang berpengaruh terhadap keutuhan bangunan. Besarnya tingkat getaran dipengaruhi oleh jumlah dan jenis bahan peledak yang digunakan per waktu tunda (*delay*) sama, struktur batuan dan desain peledakan. Adapun getaran yang dihasilkan pada saat peledakan ada dua yaitu getaran tanah (*ground vibration*) dan getaran udara (*airblast*). Untuk target perusahaan adalah harus kurang dari 2,99 mm/s.

Getaran Udara (*airblast*) adalah gelombang kejut yang bergerak diudara akibat adanya kegiatan peledakan. Sedangkan Getaran tanah (*Ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas peledakan. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam usaha menentukan hubungan antara faktor-faktor tersebut sesuai dengan tingkat getaran. Dua faktor prinsip yang mempengaruhi tingkat getaran hasil peledakan yaitu :

a. Jumlah muatan bahan peledak maksimal/*delay*

Apabila muatan ditambah maka tingkat getaran akan bertambah, tetapi hubungan ini bukan merupakan hubungan yang sederhana, misalnya muatan dua kali lipat jumlahnya tidak menghasilkan getaran yang dua kali lipat.

b. Jarak dari lokasi peledakan

Pengaruh jarak terhadap tingkat getaran yaitu apabila jarak pengukuran lokasi peledakan semakin jauh maka getaran yang dihasilkan juga semakin kecil.

1) Gelombang pada getaran

Gelombang yang dihasilkan pada saat getaran ada 3 macam :

a) Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah jenis gelombang tekan-tarik yang akan menghasilkan pemadatan (kompresi) dan pemuaian pada arah yang sama dengan arah perambatan gelombang.

b) Gelombang Transversal

Gelombang transversal adalah gelombang melintang yang bergetar tegak lurus pada arah perambatan gelombang.

c) Gelombang Vertikal

Gelombang vertikal adalah gelombang yang berputar mundur dan vertical terhadap arah perambatan gelombang.

Dengan adanya kegiatan peledakan, ketiga gelombang tersebut dapat diukur berdasarkan getaran peledakan dengan menggunakan alat **Blastmate III**. Blastmate III sendiri berfungsi sebagai alat pengukur getaran peledakan dan suara .

Blastmate III diletakkan dalam jarak 1000 meter dari lokasi peledakan sebagai jarak aman dari lokasi peledakan untuk suatu alat dan sebagai jarak minimum untuk pengukuran getaran peledakan pada Blastmate III. Kemudian, Blastmate III disambungkan dengan *geophone* sebagai *transducer standard* dan *geophone* sebagai *transducer triaxial* serta menyambungkan *microphone* untuk mengukur suara peledakan. *Geophone* inilah yang akan merekam dan mengukur gelombang selama peledakan.

Hasil Rekaman Blastmate III kemudian diolah menggunakan aplikasi *Blastware* pada komputer. Dimana gelombang pada saat getaran dimasukkan ke dalam grafik baku tingkat getaran peledakan yang akan menunjukkan tingkat keamanan suatu bangunan terhadap getaran peledakan.

2) Kontrol Getaran

Kecepatan partikel adalah kecepatan partikel bumi bergetar sekitar posisi semula (*restposition*). Kecepatan partikel adalah fungsi dari energi (*input energy*). Energi yang besar menghasilkan kecepatan partikel yang tinggi pula. Peledakan *delay* mengurangi tingkat getaran sebab setiap *delay* menghasilkan masing-masing gelombang seismik yang kecil terpisah. Gelombang hasil *delay* pertama telah merambat pada jarak tertentu sebelum selanjutnya *delay* meledak. Kecepatan perambatan tergantung pada jenis batumannya.

a) Hukum *Scaled Distance* (SD)

Scale distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran dan energi ledakan di udara. Rumus diatas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$SD = \frac{d}{\sqrt{w}}$$

Keterangan :

SD = *Scaled Distance* ($\frac{m}{\sqrt{kg}}$)

d = Jarak Blasmate III dari lokasi peledakan (m)

w = Muatan bahan peledak maksimum per waktu tunda (kg)

$$PPV = K (SD)^m$$

Keterangan :

PPV = *Peak Particle Velocity* (mm/s)

K = Konstanta = 715,3

m = Konstanta = -1,51

b) Analisa *Scaled Distance* Yang Disesuaikan

Peraturan *scaled distance* menunjukkan kondisi-kondisi dimana pekerjaan peledakan tidak boleh dilakukan. Pengaturan kembali hukum *scaled distance* diperlukan seandainya harga *scaled distance* tidak lagi sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan operasi. Pengaturan ini didasarkan pada alasan bahwa tingkat getaran akibat getaran selalu berada dalam batas aman. Pernyataan tersebut di atas dapat dan harus dibuktikan oleh pengukuran *ground vibration*. Dengan diperolehnya hubungan ini, maka ditetapkan suatu ketentuan mengenai jumlah bahan peledak yang diperbolehkan meledak per waktu tunda pada jarak tertentu sehingga tidak terjadi kecepatan puncak partikel yang melebihi harga yang diinginkan. Cara pengaturan *scaled distance value*, yang dipergunakan yaitu *Particle Velocity* dan *Scaled Distance*. Metode ini meliputi pengukuran *ground vibration* dan perhitungan *scaled distance value* dari data.

c) *Scaled Distance Chart*

Grafik *Scaled Distance* dapat dibuat pada grafik *log-log* untuk bermacam macam harga dari *Scaled Distance*. Dengan diketahuinya harga *Scaled Distance*, dapat ditentukan jumlah muatan bahan peledak untuk bermacam-macam jarak lokasi peledakan dimana yang aman. Penggambaran pada kertas grafik *log-log* dengan sumbu tegak jumlah muatan bahan peledak dan jarak pada sumbu mendatar. Grafik *scaled distance* dapat dipakai

untuk menentukan *charge* untuk sembarang jarak dengan *scaled distance* (SD) yang telah ditentukan.

5. Biaya Bahan Peledak

Biaya peledakan merupakan biaya yang digunakan untuk melakukan suatu proses yang berhubungan dengan peledakan dimana membandingkan antara biaya bahan peledak yang digunakan dengan tonase yang dihasilkan. Biaya bahan peledak adalah biaya yang digunakan untuk pemakaian semua bahan peledak dalam melakukan kegiatan peledakan.

Tabel 2. Harga Bahan Peledak

No.	Bahan Peledak	Harga
1	Anfo	Rp. 6.800/kg
2	Power Gel	Rp. 6.577/buah
3	Detonator	Rp. 13.686/buah

Sumber : PT. Indocement Tunggul prakarsa

Biaya bahan peledak per lubang adalah jumlah dari Biaya ANFO, Biaya Detonator dan Biaya *Power Gel*.

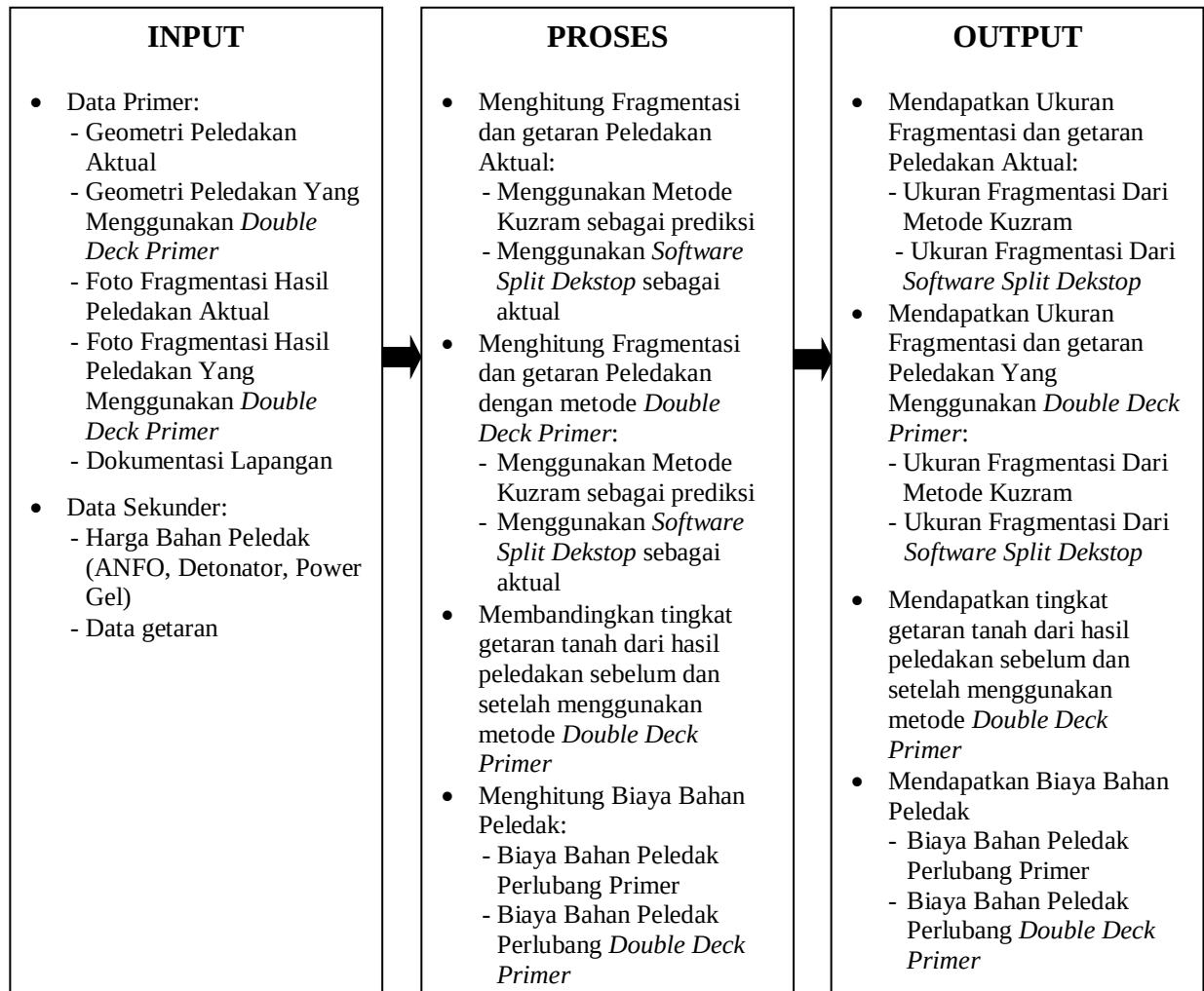
C. Penelitian yang relevan

Dari hasil kepustakaan menunjukkan ada penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu:

1. Rizki Adam (2013) melakukan penelitian tentang “Analisis Perbandingan Desain Peledakan *Single Deck* dengan *Double Deck* di Bukit Karang Putih PT Semen Padang”. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya pengaruh yang lebih baik dari metode *double deck primer* dibandingkan dengan metode *single deck*.

2. Shobhi Wafi Muslih (2018) melakukan penelitian tentang “Analisa Pengaruh *Satelite Hole* Terhadap Fragmentasi Batuan Hasil Peledakan di *Quarry D* Blok 2 Lokasi 198 PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. Citeureup Bogor Jawa Barat”. Hasil penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan fragmentasi yang sama yaitu metode *Kuz-ram* dan *Split Desktop*.
3. Ayu, Heru, Romla dan John (2016) melakukan penelitian tentang “Optimasi Biaya Peledakan pada Pembongkaran *Limestone* di *Quarry* Batu Gamping, Kalimantan Selatan”. Penulis menggunakan metode perhitungan biaya bahan peledak yang sama.
4. Raka Tubagus (2016) dalam laporan PLI tentang “Laporan Praktek Lapangan Industri Perhitungan Geometri Peledakan pada PT Semen Padang yang Menggunakan Metode Aktual dan Metode *R.L.ASH*”. Penulis juga menggunakan metode perhitungan yang sama.
5. Geni, Alex dan Hariyono (2016) melakukan penelitian tentang “Pengoptimalan Ukuran Fragmentasi dengan Penambahan Lubang Bor Satelit (*Satellite Hole*) di PT Holcim Indonesia Kalimantan Selatan”. Hasil penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan fragmentasi yang sama yaitu metode *Kuz-ram* dan *Split Desktop*.
6. M. Taufik Hadi (2012) melakukan penelitian tentang “Redesign Geometri Peledakan untuk Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Optimal di Prebench PT Bukit Asam (Persero) Tbk. Sumatera Selatan: Universitas Sriwijaya”. Hasil penelitian tersebut menggunakan metode perhitungan fragmentasi yang sama yaitu metode *Kuz-ram* dan *Split Desktop*.

D. Kerangka Konseptual



Gambar 12. Kerangka Konseptual

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Kegiatan peledakan Aktual dengan perhitungan metode *Kuz-ram* menghasilkan ukuran rata-rata fragmentasi teoritis sebesar 34,02 cm, *Boulder* teoritis sebesar 0,52%, sementara perhitungan dengan menggunakan metode *software split desktop* menghasilkan *Boulder* sekitar 11,21%. Untuk hasil getaran, peledakan aktual menghasilkan rata-rata getaran tanah teoritis (*PPV*) sebesar 1,32 mm/s dan rata-rata getaran tanah peledakan aktual dari alat BLASMATE III sebesar 1,18 mm/s.
2. Kegiatan peledakan metode *Double Deck Primer* dengan perhitungan metode *Kuz-ram* menghasilkan ukuran rata-rata fragmentasi teoritis sebesar 36,53 cm, *Boulder* teoritis sebesar 2,45%, sementara perhitungan dengan menggunakan metode *split desktop* menghasilkan *Boulder* sekitar 2,27%. Untuk hasil getaran, peledakan metode *Double Deck Primer* menghasilkan rata-rata getaran tanah teoritis (*PPV*) sebesar 1,12 mm/s dan rata-rata getaran tanah peledakan aktual dari alat BLASMATE III sebesar 1,01 mm/s.
3. Dari hasil penelitian yang dilakukan, peledakan dengan menggunakan metode *double deck primer* dapat menghasilkan fragmentasi yang lebih baik dan mengurangi *boulder* hampir 9% dibandingkan peledakan aktual.
4. Getaran tanah yang di hasilkan dari kegiatan peledakan usulan lebih aman dari peledakan aktual karena getaran yang dihasilkan menurun sekitar 15% pada perhitungan PPV teoritis dan menurun sekitar 14% pada hasil rekaman alat BLASMATE III. Hasil getaran metode peledakan usulan juga lebih

rendah dari target yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu maksimal sebesar 2,5 mm/s.

5. Biaya bahan peledak untuk peledakan aktual sebesar Rp 710.865,76,- per lubang dan biaya bahan peledak untuk peledakan dengan menggunakan metode *double deck primer* sebesar Rp 654.082,-/lubang. Untuk biaya bahan peledak, metode *double deck primer* lebih murah Rp 56.783,76,- per lubang.

B. Saran

1. Diperlukan ketelitian dalam penentuan titik lubang ledak agar diperoleh geometri peledakan yang diinginkan sehingga mendapatkan hasil peledakan sesuai dengan yang diharapkan.
2. Pengisian bahan peledak sebaiknya dilakukan setepat mungkin terlebih dalam pengisian dengan menggunakan metode *double deck primer* karena bahan peledak sangat berpengaruh terhadap hasil peledakan.
3. Sebaiknya metode peledakan yang digunakan adalah metode *Double Deck Primer* karena hasil fragmentasinya lebih baik, hasil getaran lebih kecil serta biaya bahan peledak yang digunakan lebih murah.
4. Pengisian *stemming* perlu diperhatikan kepadatannya agar energi peledakan dapat berfungsi maksimal.
5. Pengambilan dokumentasi lapangan diusahakan agar lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Rizki. 2013. *Laporan Proyek Akhir Analisis Perbandinagn Desain Peledakan Single Deck dengan Double Deck di Bukit Karang Putih PT Semen Padang*. Padang: Universitas Negeri Padang
- Aliy, Yuliadi, dan Machali. 2015. *Kajian Teknis Peledakan Untuk Mendapatkan Hasil Fargmentasi Yang Diinginkan Pada Tambang Bijih Tembaga Pit Batu Hijau, PT Newmont Nusa Tenggara, Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Bandung: UNISBA.
- Ayu, Heru, Romla, dan John. 2016. *Optimasi Biaya Peledakan Pada Pembongkaran Limestone Di Quarry Batu Gamping*. Kalimantan Selatan: Jurnal Himasapta. Vol. 1, No.2: 31-34.
- Cho.S, Nakamura.Y,Mohanty B,Kaneko.K. 2006. *Study on Control of Crack Propagation in Blasting*. Japan: University Of Toronto, Yatsushiro National College of Technology, Yatsushiro. Hokkaido University.
- Federal Highway Administration. 1991. *Rock Blasting and Over Break Control*. U.S: Department Of Transportaion.
- Geni, Alex dan Hariyono. 2016. *Pengoptimalan Ukuran Fragmentasi Dengan Penambahan Lubang Bor Satelit (Satellite Hole) Di PT. Holcim Indonesia*. Kalimantan Selatan: Jurnal Himasapta. Vol. 1, No. 2:27-30.
- Ghebie, Aghababaei, Hoseinie, dan Pourrahimian. 2009. *Modified Kuz—Ram Fragmentation Model And Its Use At The Sungun Copper Mine*. Iran: Reasearch Gate.
- Gita, Nurhakim, Giswan, dan hariyono. 2017. *Evaluasi Geometri Berdasarkan Fragmentasi Hasil Peledakan Pada Penambangan Batugamping Di Pt Semen Tonasa*. Kalimantan Selatan: Jurnal Himasapta. Vol. 2, No.2: 27-30.
- Hadi, M Taufik. 2012. *Redesign Geometri Peledakan Untuk Mendapatkan Fragmentasi Batuan Yang Optimal Di Prebench Pt. Bukit Asam (Persero) Tbk*. Sumatera Selatan: Universitas Sriwijaya.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-49/MENLH/XI/1996. Baku Tingkat Getaran.
- Koesnaryo, S. 2001. *Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak, jilid 1*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN.