

**ANALISIS PENGARUH *SATELLITE HOLE*
TERHADAP FRAGMENTASI BATUAN HASIL
PELEDAKAN DI KUARI D BLOK 2 LOKASI 198
PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKASRA Tbk
CITEUREUP BOGOR - JAWA BARAT**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata I
Pada Jurusan Teknik Pertambangan**



OLEH :

**ALEXS CANDRA PANDIANGAN
DBD 113 079**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
PALANGKA RAYA
2017**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

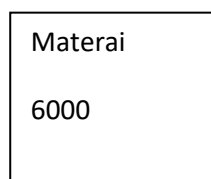
N A M A : ALEXS CANDRA PANDIANGAN

N I M : DBD 113 079

JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

Menyatakan bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah hasil penelitian saya sendiri, terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka. Apabila terdapat pelanggaran dalam Penulisan Tugas Akhir ini, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai aturan dan ketentuan yang berlaku.

Palangka Raya, February 2017



Penulis,

ALEXS CANDRA PANDIANGAN

NIM DBD 113 079

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

OLEH :

**ANALISIS PENGARUH *SATELLITE HOLE* TERHADAP FRAGMENTASI
BATUAN HASIL PELEDAKAN DI KUARI D BLOK 2 LOKASI 198
PT INDOCEMENT TUNGGAL PRAKASRA Tbk
CITEUREUP BOGOR - JAWA BARAT**

ALEXS CANDRA PANDIANGAN

NIM. DBD 113 079

Telah dinyatakan memenuhi syarat untuk diterima

Palangka Raya, Februari 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

HEPRYANDI L.DJ.USUP, ST.,MT

NIP: 19810211 200604 1 001

YUSTINUS HENDRA W. S.Si.,MT.,M.Sc

NIP: 19700813 200003 1 007

**Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan
Universitas Palangka Raya**

Ir. YULIAN TARUNA, M.Si.

NIP : 19580705 198903 1 019

SARI

Penambangan menggunakan metode kuari dan proses pembongkaran material *limestone* menggunakan kegiatan peledakan. Kegiatan peledakan merupakan suatu upaya pemberaian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak, agar memenuhi target produksi dan memperlancar proses pemuatan dan pengangkutan. Dalam setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi yang sesuai dengan lebar bukaan *gap crusher*.

Peledakan di tempat penelitian menggunakan peledakan konvensional dengan menggunakan bahan peledak ANFO. Fragmentasi yang dihasilkan masih banyak terdapat boulder sehingga penulis melakukan penelitian untuk mengurangi *boulder* tersebut dengan menggunakan *satellite hole*. Untuk perhitungan fragmentasi menggunakan dua variabel yaitu Teoritis dan analisis foto dilapangan diolah menggunakan *Software split dekstop*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui persentase fragmentasi hasil peledakan. Rata rata persentase boulder yang dihasilkan dari peledakan konvensional didaerah penelitian selama penelitan dengan ukuran > 90 cm = 13,792% sedangkan rata rata persentase boulder menggunakan *satellite hole* dengan ukuran > 90 cm = 2,656 %. Dari pengurangan boulder menggunakan *satellite hole* tentu ada penambahan biaya bahan peledak sehingga didapatkan total biaya peledakan yang optimal. Diameter lubang ledak 4 inc menggunakan geometri *burden* 3 m, *spacing* 5 m, kedalaman 16 dan untuk *satellite hole* menggunakan diameter lubang yang sama tetapi kedalaman lubang ledak 3 meter, menghasilkan *powder factor* 0.175 kg/ton, dengan total *cost* peledakan Rp 627.865 / lubang. Dan biaya untuk *satellite hole* Rp 61.187,5/ lubang.

Untuk mencapai target Fragmentasi Perlu di tingkatkan perhitungan bahan peledak yang digunakan untuk mengantisipasi kekurangan bahan peledak saat melakukan charging .Perawatan terhadap alat bor supaya ketika membuat lubang servis dan *satellite hole* tidak mengalami gangguan.

Kata kunci : *limestone, gap crusher, satellite hole, konvensional, bahan peledak ANFO*

ABSTRACT

Mining uses quarry method and process of disassembling limestone material using blasting activity. The blasting activity is an effort to collect rocks from the main rock using explosives, in order to meet production targets and facilitate the loading and transport process. In each detonation the fragmentation size corresponds to the gap crusher opening width.

Blasting at the site of the study using conventional blasting using ANFO explosives. Fragmentation produced there are still many boulder so the authors do research to reduce the boulder by using a satellite hole. For the calculation of fragmentation using analysis of field photography is processed using Software split dektop. This is done to determine the percentage of fragmentation of blasting results. The average percentage of boulder generated from conventional blasting in the research area was $> 90 \text{ cm} = 13,792\%$ while mean of boulder percentage using satellite hole with size $> 90 \text{ cm} = 2,656\%$. From the reduction of boulder using satellite hole of course there is the addition of explosive cost so as to get the total cost of the optimal blasting. 4 wincubation hole diameter using 3 m burden geometry, 5 m spacing, 16 depth and for satellite hole using the same hole diameter but 3 meters of explosive proletion, yielding powder factor $0.175 \text{ kg} / \text{ton}$, with total blast cost Rp 627.865 / hole. And the cost for satellite hole is Rp 61.187,5 / hole.

To achieve the target Fragmentation It is necessary to increase the accuracy of the calculation of explosives used to anticipate the shortage of explosives during charging. Treatment of the drill so that when making service holes and satelite holes do not experience interference.

Kata kunci : limestone, gap crusher, satellite hole, convensional, ANFO explosives.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Pengaruh *Satellite Hole* Terhadap Fragmentasi Di PT Indocement Tungal Prakasra Tbk, Citeureup, Bogor - Jawa Barat”**.

Dalam kesempatan ini izinkan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya.

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro MT. Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Ir.Yulian Taruna, M.Si. Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya .
3. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut.,M.P. Monev Tugas Akhir.
4. Bapak Hepriyandi L. DJ.Usup, S.T.,M.T. Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Yustinus Hendra W. S.Si.,M.T.,M.Sc. Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T.,M.T. Dosen Pembimbing I, Bapak Ir.Yulian Taruna, M.Si. Dosen Pembimbing II, dan Ibu Lisa Virgiyanti, S.T.,M.T. Dosen Pembimbing III.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
8. Staff / karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Laporan sikripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan buku literatur yang penulis miliki. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis sangat mengharapkan saran, masukan, dan kritik yang membangun untuk penyempurnaan sikripsi ini nantinya.

Palangka Raya, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SARI	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.3.1 Maksud Penelitian.....	2
1.3.2 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Peneliti Terdahulu.....	5
2.2 Kegiatan Peledakan	10
2.3 Mekanisme Pecahnya Batuan	11
2.3.1 Faktor yang Tidak Dapat Dikendalikan.....	14
2.3.2 Faktor yang Dapat Dikendalikan	17
2.4 Perhitungan Fragmentasi	30
2.4.1 <i>Split Dekstop</i>	31
2.4.2 Prediksi Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram	31

2.5	<i>Satellite Hole</i>	35
2.6	Biaya Peledakan.....	36
BAB III	METODELOGI PENELITIAN.....	40
3.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian	40
3.1.1	Profil Perusahaan	40
3.1.3	Keadaan Iklim dan Curah Hujan	42
3.2	Kondisi Geologi Daerah Penelitian	43
3.2.1	Struktur Geologi dan Geologi Regional	44
3.2.2	Stratigrafi	45
3.2.3	Morfologi.....	46
3.3	Alat dan Bahan	47
3.4	Tata Laksana Penelitian	47
3.5	Metode Penelitian	49
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian.....	50
3.6.1	Tempat Penelitian	50
3.6.2	Waktu Penelitian.....	50
3.6	Bagan Alir.....	52
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1	Hasil.....	52
4.1.1	Tahapan Kegiatan Peledakan.....	52
4.1.2	Kebutuhan Bahan Peledak Dan Hasil Fragmentasi	59
4.1.3	Biaya Peledakan.....	75
4.2	Pembahasan	77
4.2.1	Tahapan Kegiatan Peledakan.....	77
4.2.2	Kebutuhan Bahan Peledak Dan Hasil Fragmentasi	78
4.2.3	Biaya Peledakan.....	79
BAB V	PENUTUP	80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA
DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pembobotan Batuan	33
Tabel 3.1	Waktu Penelitian	51
Tabel 4.2	Geometri Peledakan	60
Tabel 4.3	Geometri peledakan hari 1 penelitian.....	61
Tabel 4.4	Pembobotan batuan	63
Tabel 4.5	Tabel prediksi <i>kuz-ram</i> konvensional	65
Tabel 4.6	Hasil peledakan konvensional berdasarkan <i>split dekstop</i>	68
Tabel 4.7	Geometri peledakan hari 1 penelitian menggunakan <i>satellite hole</i>	70
Tabel 4.8	Tabel <i>kuz-ram satellite hole</i>	73
Tabel 4.9	Hasil Dengan Peledakan <i>Satellite Hole</i>	74
Tabel 4.10	Harga Bahan Peledak	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Pecahnya Batuan (Jimeno at al.1995).....	13
Gambar 2.2	Pola Pengeboran (Suwandi A).....	18
Gambar 2.3	Distribusi Gelombang Energi Peledakan Lubang Ledak	21
Gambar 2.4	Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan.....	24
Gambar 2.5	Geometri Peledakan R.L.Ash	25
Gambar 3.1	Curah Hujan.....	43
Gambar 3.2	Stratigrafi Daerah Penelitian	46
Gambar 4.1	Alat bor Furukawa	52
Gambar 4.2	Pengecekan lubang bor	53
Gambar 4.3	Bendera peledakan.....	54
Gambar 4.4	Pencampuran bahan peledak	55
Gambar 4.5	Rangkaian detonator	56
Gambar 4.6	Pengisian bahan peledak.....	56
Gambar 4.7	<i>Blasting Machine</i>	57
Gambar 4.8	Perangkaian kabel ledak	58
Gambar 4.9	Lubang <i>satellite hole</i>	59
Gambar 4.10	Desain peledakan konvensional CJ.Konya.....	60
Gambar 4.11	<i>Helm</i> pembanding 28 cm.....	66
Gambar 4.12	Hasil peledakan batuan konvensional	67
Gambar 4.13	Hasil <i>split dektop</i> peledakan konvensional	67
Gambar 4.14	Jenjang lokasi penelitian	69
Gambar 4.15	<i>Boulder</i> pada peledakan konvensional.....	70
Gambar 4.16	Fragmentasi hasil peledakan <i>satelite hole</i>	73
Gambar 4.17	Hasil pengolahan <i>split dektop</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil pengolahan software split dekstop setiap hari

Laporan blasting selama penelitian

Peta kesampaian daerah

Peta geologi regional

Peta IUP lokasi penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum salah satu bagian dari seluruh kegiatan penambangan yaitu peledakan. Peledakan merupakan suatu upaya pembezaian batuan dari batuan induknya. Kegiatan peledakan hanya diterapkan pada batuan yang *solid* dan keras, sehingga spesifikasi kualitas hasil peledakan harus direncanakan dengan matang.

Peledakan konvensional biasanya berpengaruh terhadap volume bongkaran batuan yang akan diledakkan. Umumnya setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi sesuai dengan target yang diterapkan. Fragmentasi terlalu besar (*boulder*) biasanya mengurangi jumlah tonase yang akan di angkut ke *crusher*. Sehingga berbagai cara dilakukan untuk mengurangi jumlah *boulder*, salah satu cara yang dilakukan adalah dengan pembuatan *satellite hole*. Cara ini mengurangi jumlah *boulder* tetapi perlu penambahan sedikit jumlah bahan peledak yang digunakan .

Berangkat dari hal tersebut penulis melakukan pengamatan dan penelitian tentang bagaimna cara menghasilkan fragmentasi peledakan yang baik sehingga penulis membuat judul “**Analisis Pengaruh *Satellite Hole* Terhadap Fragmentasi Di PT Indocement Tungal Prakasra Tbk, Citeureup, Bogor - Jawa Barat**”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana tahapan kegiatan peledakan secara konvensional dan peledakan menggunakan *satellite hole* di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk ?
2. Bagaimana kebutuhan bahan peledak dan hasil fragmentasi batuan yang dihasilkan dengan peledakan batu gamping secara konvensional dan menggunakan *satellite hole* di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk ?
3. Bagaimana perbandingan biaya bahan peledak setelah menggunakan *satellite hole* dan peledakan batu gamping secara konvensional di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari Penelitian ini adalah menganalisis pengaruh *satellite hole* pada fragmentasi batuan hasil peledakan.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menjelaskan tahapan kegiatan peledakan secara konvensional dan peledakan menggunakan *satellite hole* di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.

2. Menganalisis hasil fragmentasi batuan yang dihasilkan dengan peledakan batu gamping secara konvensional dan menggunakan *satellite hole* di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.
3. Menghitung perbandingan biaya setelah menggunakan *satellite hole* dan peledakan batu gamping secara konvensional di PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Peneliti

Peneliti dapat mengetahui pengaruh pengaruh *satellite hole* pada fragmentasi batuan hasil peledakan.

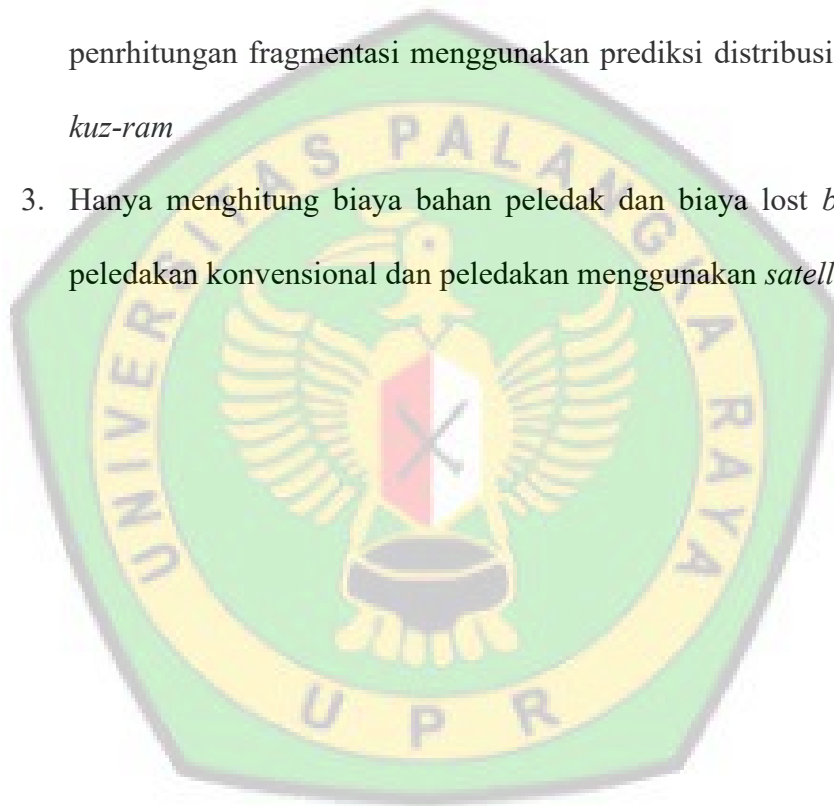
2. Bagi Perusahaan

Manfaat penelitian bagi perusahaan adalah memberikan bahan masukan untuk kontrol kedalaman *satellite hole*. Agar mampu mengurangi *boulder* yang terlalu besar.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini, penulis memberikan batasan masalah pada:

1. Penulis tidak merubah geometri yang telah digunakan perusahaan karena geometri telah ditentukan sesuai target perusahaan.
2. Pengukuran fragmentasi menggunakan *software split desktop* dan perhitungan fragmentasi menggunakan prediksi distribusi fragmentasi *kuz-ram*
3. Hanya menghitung biaya bahan peledak dan biaya *lost boulder* pada peledakan konvensional dan peledakan menggunakan *satellite hole*.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Peneliti Terdahulu

PT.Pama Persada-Dahana (persero) melakukan pengeboran dan peledakan dalam kegiatan pembongkaran interburden. Peledakan akan menghasilkan fragmentasi batuan. Ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan sangat penting untuk diperhatikan karena menentukan keberhasilan sebuah peledakan, metode yang digunakan untuk menghitung nilai fragmentasi batuan adalah metode perhitungan teoritis *Kuz-Ram*. Bahan peledak yang digunakan adalah ANFO dan bulk emulsion. Perhitungan fragmentasi batuan dengan membandingkan metode *Kuz-Ram* ANFO dengan Metode *Kuz-Ram* Bulk Emulsion. Perhitungan fragmentasi manakah yang lebih optimal dari bahan peledak tersebut. Perhitungan aktual metode *Kuz-Ram* bahan peledak ANFO didapat fragmentasi dengan ukuran 100cm sebesar 25,34 %. Ukuran fragmentasi dengan bahan peledak ANFO pada ukuran 100cm sebesar 18,45 %. Jadi, bahan peledak yang baik digunakan dari perhitungan teoritis metode *Kuz-Ram* adalah bahan peledak bulk emulsion yang menghasilkan persentase fragmentasi lebih kecil dari pada bahan peledak ANFO. Hasil fragmentasi dari bahan peledak bulk emulsion dengan ukuran 100 cm belum memenuhi standar fragmentasi kurang dari 15% (koesnaryo,2001), oleh karena itu perlu adanya rekomendasi perbaikan geometri peledakan menggunakan persamaan Langefors untuk kedua bahan peledak tersebut. Persamaan Langefors untuk bahan peledak ANFO

dengan nilai burden 5m, spasi 5,76m, powder charge 3,5m, subdrilling 1,5m dan kedalaman lubang ledak 7m. Ukuran fragmentasi 100cm sebesar 1,03 %. Persamaan Langefors untuk bahan peledak bulk emulsion dengan nilai burden 5,5m, spasi 6,3m, powder charge 3,6m, subdrilling 1,63m dan kedalaman lubang 7,4m. Ukuran fragmentasi 100cm sebesar 1,05 %. Persentase fragmentasi ukuran 100cm sudah memenuhi fragmentasi yang dikatakan baik.

Sumber : *Indra Gumanti Putra*, evaluasi geometri peledakan terhadap fragmentasi, 2015.

Pit Tambang Air Laya PT. Bukit Asam (Persero) Tbk, di *pre-bench* pembongkaran batuan interburden B2C dilakukan dengan menggunakan metode pemboran dan peledakan, dan selanjutnya dilakukan pemuatan dan pengangkutan dengan kombinasi backhoe dan dump truck. Lapisan B2-C terdiri dari dua jenis batuan yaitu claystone dengan ketebalan 10,5 meter dari lapisan batubara C dan selanjutnya sandstone dengan ketebalan 27 meter. Masing – masing batuan mempunyai karakteristik tersendiri yakni claystone; bobot isi (*density*) 2,1 ton/m³ dan *uniaxial compressive strength* 7351,47 Kpa, sandstone; bobot isi (*density*) 2,4 ton/m³ dan *uniaxial compressive strength* 8005,50 Kpa. Material tersebut tidak bisa digali langsung menggunakan *excavator* PC 1250 maupun PC 2000, karena *digging force* kedua alat tersebut sebesar 579 Kpa dan 721 Kpa, sebenarnya dengan *uniaxial compressive strength* batuan tersebut masih bisa dilakukan *ripping*, tetapi sudah dalam kategori *hard rippin*. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan teori R.L.Ash didapatkan tiga geometri peledakan yang optimum dengan nilai *powder factor* 0,290 kg/m³ untuk geometri peledakan batuan

claystone, 0,401 kg/m³ untuk geometri peledakan *sandstone*, dan 0,388 kg/m³ untuk geometri peledakan lapisan transisi. Fragmentasi batuan hasil peledakan dengan geometri usulan memperlihatkan perbaikan fragmentasi, pada batuan *claystone* yaitu adanya penurunan 4 % dari 21 % menjadi 17 % fragmentasi yang berukuran lebih 100 cm, untuk geometri usulan pada batuan *sandstone* dengan penurunan yang sangat signifikan yaitu 17 % dari 25 % menjadi 8 %, dan untuk geometri peledakan usulan pada lapisan transisi ada penurunan dari persentase fragmentasi sebelumnya yaitu sebesar 15 % dari 23 % menjadi 8 persen.

Sumber : Jurnal oleh Alek Al Hadi Redesign Geometri Peledakan untuk Mendapatkan Fragmentasi Batuan yang Optimal 2012

Kegiatan penambangan pada PT Semen Tonasa menggunakan metode kuari dan proses pembongkaran material batugamping menggunakan metode peledakan agar memenuhi target produksi dan memperlancar proses pemuatan dan pengangkutan. Pada setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi ≤ 80 cm sebesar ≤ 15 % sesuai target perusahaan, powder factor yang optimal, dan digging time yang cepat. Metode yang digunakan untuk menganalisis fragmentasi hasil peledakan dalam penelitian ini yaitu 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. Hasil dari analisis fragmentasi hasil peledakan yang dilakukan terhadap geometri aktual PT Semen Tonasa didapatkan geometri yang paling optimal adalah geometri dengan burden 4 m, spasi 5,5 m, kedalaman 13,34 m dengan powder factor sebesar 0,33 kg/m³ , yang

menghasilkan ukuran fragmen rata-rata 38,63 cm, digging time sebesar 8,21 detik, dan bucket fill factor sebesar 66,71 %.

Sumber : jurnal himasapta evaluasi geometri berdasarkan fragmentasi hasil peledakan pada penambangan batugamping di PT Semen Tonasa agustus 2017

Lokasi penambangan bijih besi milik CV Bina Usaha yang dioperasikan oleh kontraktor yaitu PT Putera Bara Mitra, menggunakan metode pemboran dan peledakan agar memenuhi target produksi dan memperlancar proses pemuatan dan pengangkutan. Dalam setiap peledakan menghendaki ukuran fragmentasi yang sesuai dengan lebar bukaan crusher dan nilai *Powder Factor* (PF) yang ditentukan.

Persamaan *Kuznetsov* memberikan ukuran fragmen batuan rata-rata dan persamaan *Rossin–Rammler* menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu. Selain itu, program Split desktop digunakan untuk membantu menganalisis gambar fragmen material hasil peledakan, hasilnya berupa grafik prosentase lolos material dan ukuran fragmen rata-rata yang dihasilkan dalam suatu peledakan.

Geometri peledakan yang digunakan adalah burden 3 m x spasi 3 m, didapatkan hasil perhitungan teoritis persentase boulder (≥ 50 cm) rata-rata sebanyak 45.36 % dan 36.6 % secara aktual dengan *Powder Factor* (PF) bervariasi. Dengan rekomendasi geometri peledakan menggunakan tinggi jenjang 5.5 m dan kedalaman lubang ledak 6 m, dengan burden antara 2.22 – 2.5 m serta spasi 2.5 m – 2.63 m, *Powder Factor* 0.8 kg/m³ – 0.85 kg/m³,

menghasilkan persentase *boulder* 13.09 %-14.92 % (fragmentasi baik jika persentase *boulder* dibawah 15 %).

Sumber : Ditta Listine, evaluasi geometri peledakan terhadap fragmentasi batuan menggunakan bahan peledak ANFO dan Bulk Emulsion pada lapisan interburden, 2015.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui geometri peledakan yang diterapkan di lapangan dan membandingkan dengan geometri secara teoritis menurut (Ash, R.L., 1963) dan (Konya, C.J., 1995) serta mengetahui ukuran fragmentasi overburden yang dihasilkan di PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro, Kalimantan Selatan. Pada penelitian ini digunakan metode Kuz-Ram untuk memperkirakan ukuran fragmentasi secara teoritis, sedangkan untuk mengukur fragmentasi aktual digunakan metode photographic dengan bantuan program split- desktop. Geometri peledakan yang diterapkan di lapangan adalah burden 8 m, spasi 9 m, stemming 5,5 m, subdrilling 0,5 m dan kedalaman lubang ledak maksimal 11,5 m untuk bahan peledak ANFO, sedangkan untuk bahan peledak emulsi burden 9 m, spasi 10 m, stemming 5,5 m, subdrilling 0,5 m, dan kedalaman lubang ledak maksimal 11,5 m. Prediksi ukuran fragmentasi dengan metode Kuz-Ram menunjukkan bahwa rancangan peledakan yang diterapkan di lapangan akan menghasilkan ukuran fragmentasi yang lebih besar dari 1 meter rata-rata 14,5 % untuk peledakan yang pada daerah high wall, sedangkan untuk daerah low wall akan menghasilkan fragmentasi yang lebih dari 1 meter sebesar rata-rata 6,6% setiap peledakannya. Sedangkan hasil perhitungan fragmentasi

aktual dengan split desktop ditemukan bahwa ukuran fragmentasi $\pm 90\%$ lebih kecil dari 75 cm.

Sumber : Munawir Munawi ,Analisis Geometri Peledakan Terhadap Ukuran Fragmentasi Overburden Pada Tambang Batubara Pt. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro Kalimantan Selatan, 2105

2.2 Kegiatan Peledakan

Kegiatan peledakan yaitu suatu upaya pembezaian batuan dari batuan induk menggunakan bahan peledak. Menurut kamus pertambangan umum, bahan peledak adalah senyawa kimia yang dapat bereaksi dengan cepat apabila diberikan suatu perlakuan, menghasilkan sejumlah gas bersuhu dan bertekanan tinggi dalam waktu yang sangat singkat.

Suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila (Koesnaryo,1988):

- ✓ Target produksi terpenuhi(dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan).
- ✓ Penggunaan bahan peledak efisien (dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak disebut *powder factor*).
- ✓ Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15% dari jumlah batuan yang terbongkar perpeledakan).
- ✓ Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang*, retakan–retakan).

- ✓ Aman.
- ✓ Dampak terhadap lingkungan minimal.

2.3 Mekanisme Pecahnya Batuan

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 dan *heterogen* seperti yang dijumpai dalam pekerjaan peledakan.

Proses pecahnya batuan akibat dari peledakan dibagi dalam tiga tingkatan yaitu *dynamic loading*, *quasi-static loading*, dan *release of loading*. (Tim Pengelola IWPL Pertambangan Umum, 1996:1)

a) Proses pemecahan tingkat I (*dynamic loading*)

Pada saat bahan peledak meledak, tekanan tinggi menghancurkan batuan di daerah sekitar lubang ledak. Gelombang kejut yang meninggalkan lubang ledak merambat dengan kecepatan 3000 – 5000 m/det, akan mengakibatkan tegangan tangensial yang menimbulkan rekahan yang menjalar dari daerah lubang ledak. Rekah pertama menjalar terjadi dalam waktu 1 – 2 ms.

b) Proses pemecahan tingkat II (*quasi-static loading*)

Tekanan sehubungan dengan gelombang kejut yang meningkatkan 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.

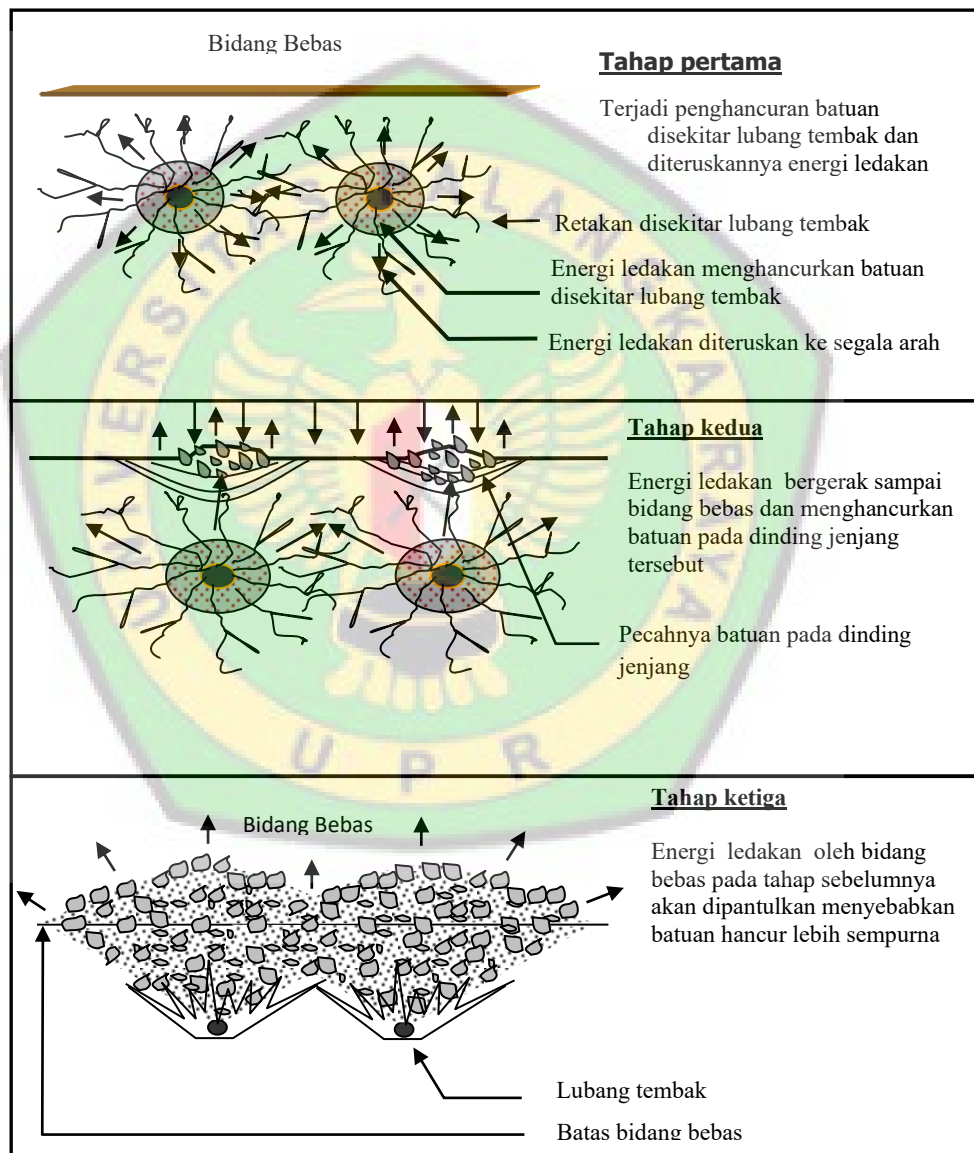
Gelombang tarik ini merambat kembali di dalam batuan. Oleh karena batuan lebih kecil ketahanannya terhadap tarikan daripada tekanan, maka akan terjadi rekahan – rekahan primer disebabkan karena tegangan tarik dari gelombang yang dipantulkan. Apabila tegangan regang cukup kuat akan menyebabkan *slabbing* atau *spalling* pada bidang bebas. Dalam proses pemecahan tingkat I dan tingkat II fungsi dari gelombang kejut adalah menyiapkan batuan dengan sejumlah rekahan – rekahan kecil. Secara teoritis energi gelombang kejut jumlahnya antara 5 – 15 % dari energi total bahan peledak. Jadi gelombang kejut menyediakan kesiapan dasar untuk proses pemecahan tingkat akhir.

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

Dibawah pengaruh tekanan yang sangat tinggi dari gas-gas hasil peledakan maka rekahan *radial primer* (tingkat II) akan diperlebar secara cepat oleh kombinasi efek dari tegangan tarik disebabkan kompresi radial dan pembajian (*pneumatic wedging*). Apabila massa batuan di depan lubang ledak gagal dalam mempertahankan posisinya bergerak ke depan 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 fragmentasi utama pada proses peledakan.

Gambar 2 1. Mekanisme Pecahnya Batuan (Jimeno at al.1995)



2.3.1 Faktor yang Tidak Dapat Dikendalikan

faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu kegiatan peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan.

2.3.1.1 Karakteristik Massa Batuan

Dalam kegiatan pemboran dan peledakan, karakteristik massa batuan yang perlu diperhatikan yaitu kekerasan/kekuatan batuan, elastisitas dan plastisitas batuan, abrasivitas batuan dan kecepatan perambatan gelombang pada batuan.

- a) Semakin tinggi tingkat kekerasan batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut untuk dihancurkan, demikian juga dengan batuan yang memiliki kerapatan tinggi. Sehingga semakin berat massa suatu batuan, bahan peledak yang dibutuhkan untuk membongkar atau menghancurkan batuan akan lebih banyak.
- b) Elastisitas batuan adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk atau keadaan semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut dihilangkan. Secara umum batuan memiliki sifat elastis *fragile* yaitu batuan dapat dihancurkan apabila mengalami regangan yang melewati batas elastisitasnya. Sedangkan plastisitas batuan merupakan perilaku batuan yang mengizinkan deformasi permanen setelah regangan dikembalikan ke kondisi awal, dimana batuan tersebut belum hancur.

- c) Abrasifitas batuan merupakan suatu parameter batuan yang mempengaruhi keausan (umur) dari mata bor yang digunakan untuk melakukan pemboran pada batuan tersebut.
- d) Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda. Secara teoritis semakin tinggi kecepatan rambat gelombang pada suatu batuan, maka akan diperlukan bahan peledak yang memiliki energi yang tinggi pula agar dapat menghancurkan batuan tersebut.

2.3.1.2 Struktur Geologi

Struktur geologi yang berpengaruh pada kegiatan peledakan adalah struktur rekahan (kekar). Yang dimaksud kekar atau rekahan disini adalah semua jenis bidang-bidang diskontinu (bidang lemah) yang mungkin berupa kekar, sesar, patahan, bidang perlapisan atau bidang-bidang lemah yang lain. Adanya bidang diskontinu ini mempengaruhi distribusi energi ledakan yang dihasilkan.

Struktur perlapisan batuan mempengaruhi hasil peledakan. Apabila lubang ledak yang dibuat berlawanan dengan arah perlapisan, maka akan menghasilkan ukuran material yang lebih seragam dan kestabilan jenjang yang lebih baik bila dibandingkan dengan lubang ledakan yang dibuat searah dengan bidang perlapisan. Secara teoritis, bila lubang ledak aranya berlawanan dengan arah kemiringan bidang perlapisan, maka pada posisi demikian kemungkinan terjadinya *backbreak* akan sedikit, lantai jenjang tidak rata, tetapi fragmentasi hasil peledakan akan seragam dan arah lemparan batuan tidak terlalu jauh. Jika arah lubang ledak searah dengan bidang perlapisan, maka potensi timbulnya

backbreak menjadi lebih besar, lantai jenjang rata, fragmentasi batuan tidak seragam, batuan akan terlempar jauh, dan kemungkinan terjadinya longsoran akan semakin besar (Made Astawa Rai, 1980).

2.3.1.3 Kondisi Air Tanah

Kondisi muka air tanah mempengaruhi dengan hasil peledakan yang didapatkan, hal ini berkaitan dengan bahan peledak yang digunakan. Terdapatnya air dapat mengakibatkan keseimbangan unsur dalam bahan peledak terganggu, sehingga daya ledak dari bahan peledak tersebut dikhawatirkan dapat berkurang.

Bahan peledak ANFO (*Ammonium Nitrate and Fuel Oil*) memiliki tingkat ketahanan yang buruk terhadap air, sehingga apabila ANFO yang digunakan terkontaminasi oleh air maka akan mempengaruhi terjadinya kegagalan pada peledakan (*missfire*). Untuk mengatasi pengaruh air tanah tersebut dapat dilakukan dengan tidak menggunakan ANFO, namun dengan menggunakan bahan peledak emulsi keseimbangan unsur didalamnya tidak terganggu oleh adanya air.

2.3.1.4 Kondisi Cuaca

Kondisi cuaca sangat mempengaruhi aktifitas peledakan khususnya pada peledakan tambang terbuka. Cuaca hujan akan mempengaruhi tingkat keamanan kerja secara keseluruhan. Lantai kerja yang licin sehingga membahayakan pekerja dan unit atau bahkan dapat memicu *missfire* (gagal meledak) apabila peledakan menggunakan arus listrik. Hujan dapat mengakibatkan adanya arus yang masuk

kedalam rangkaian peledakan yang dihasilkan oleh petir. Masuknya arus kedalam rangkaian dapat menimbulkan ledakan yang tidak terkontrol.

2.3.2 Faktor yang Dapat Dikendalikan

Adalah faktor-faktor yang dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Faktor-faktor tersebut dapat diklasifikasikan kedalam 3 kelompok, yaitu :

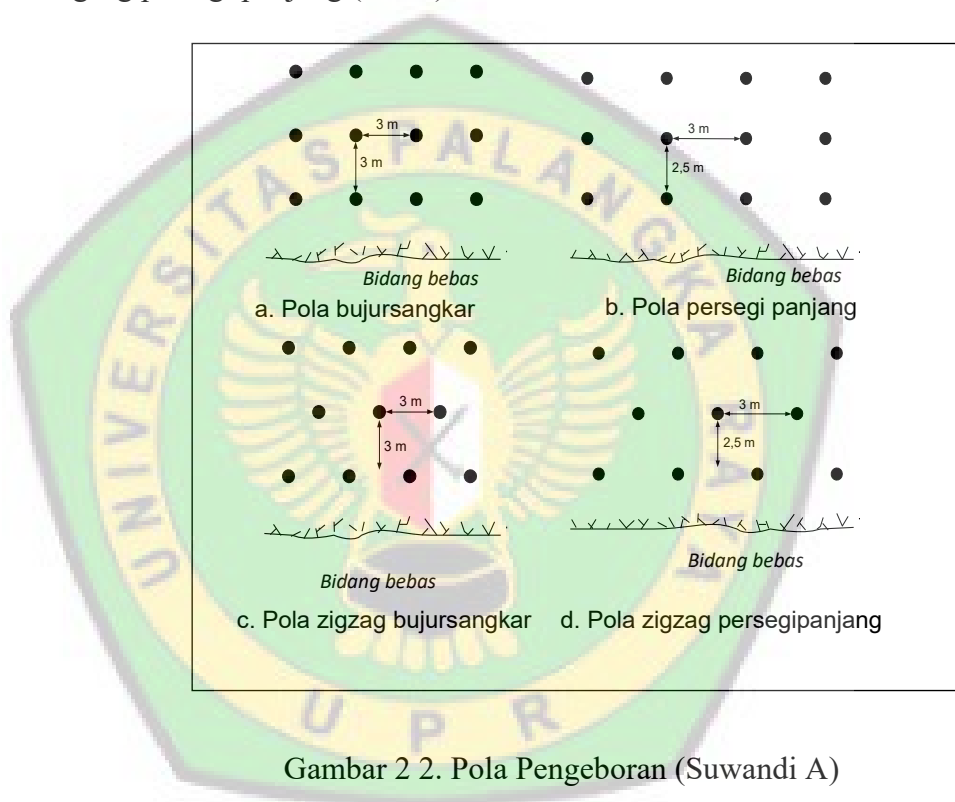
- a) Geometri, meliputi diameter lubang ledak, panjang isian, *burden*, spasi, *stemming* dan lain-lain
- b) Bahan Peledak, meliputi tipe bahan peledak, kekuatan energi, sistem penyalaan dan lain-lain
- c) Waktu, meliputi waktu tunda dan urutan penyalaan

2.3.2.1 Pola Pengeboran

Berdasarkan letak lubang bor maka pola pemboran dibagi menjadi dua pola dasar, yaitu:

1. Pola pemboran sejajar (*parallel pattern*), terdiri dari 2 macam, yaitu:
 - a. Pola bujur sangkar (*square pattern*), yaitu jarak *burden* dan spasi yang sama
 - b. Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibandingkan dengan *burden*.

2. Pola pemboran selang-seling (*staggered pattern*) adalah pola pemboran yang penempatan lubang ledak ditempatkan secara selang seling pada setiap kolomnya. Dalam pola ini distribusi energi peledakan antar lubang akan lebih terdistribusi secara merata daripada pola bukan *staggered*. Pola zigzag terbagi menjadi Pola *zigzag* bujur sangkar ($B=S$) dan Pola *zigzag* persegi panjang ($S \geq B$).



2.3.2.2 Geometri Pemboran

Geometri pemboran meliputi diameter pemboran, kemiringan pemboran dan pola pemboran .

a) Diameter Pemboran / Lubang Ledak

Diameter lubang ledak merupakan parameter yang penting dalam merancang suatu peledakan karena akan mempengaruhi peledakan. Pemilihan

diameter lubang ledak secara tepat pada suatu rancangan peledakan akan memberikan dua bagian penilaian. Bagian pertama yaitu mempertimbangkan efek dari ukuran lubang ledak terhadap fragmentasi, suara ledakan, batu terbang dan getaran tanah, sedangkan faktor kedua mempertimbangkan faktor ekonominya.

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi diameter lubang ledak yang digunakan antara lain:

- Ukuran fragmentasi yang diinginkan.
- Isian bahan peledak yang berkaitan dengan efek ledakan yang dihasilkan.
- Keperluan penggalian batuan secara selektif.

Untuk diameter lubang ledak yang kecil maka energi yang dihasilkan akan kecil. Sehingga jarak antar lubang bor dan jarak ke bidang bebas haruslah kecil juga dengan maksud agar energi ledakan cukup kuat untuk mengancurkan batuan dan begitu pula sebaliknya.

Ukuran diameter lubang ledak yang akan dipilih tergantung pada:

1. Volume massa batuan yang akan dibongkar (volume produksi).
2. Tinggi jenjang dan konfigurasi isian.

3. Tingkat fragmentasi yang diinginkan.
4. Alat muat yang akan digunakan.

Diameter lubang ledak juga mempengaruhi panjang *stemming*. Untuk menghindari getaran maupun batuan terbang (*flying rock*), apabila lubang ledak berdiameter besar maka *stemming* harus panjang sedangkan jika lubang ledak berdiameter kecil maka *stemming* menjadi pendek. Jika *stemming* terlalu panjang, maka energi ledakan tidak mampu menghancurkan batuan pada daerah disekitar *stemming* tersebut.

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

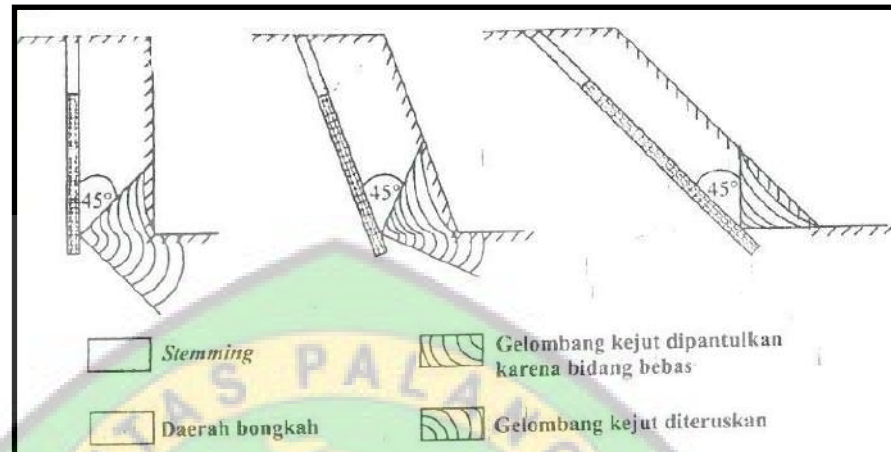
b) Arah dan Kemiringan lubang ledak

Terdapat dua arah pengeboran secara teoritis, yaitu lubang ledak tegak dan lubang ledak miring. Pada kegiatan peledakan, posisi dan arah dari lubang ledak memberikan keuntungan dan kerugian tersendiri. Hal ini berkaitan dengan distribusi energi ledakan yang dihasilkan darik kedua jenis lubang ledak tersebut.

Lubang ledak yang dibuat tegak, maka pada bagian lantai jenjang akan menerima gelombang yang besar, sehingga menimbulkan tonjolan pada lantai jenjang, hal ini dikarenakan gelombang tekan sebagian akan dipantulkan pada bidang bebas dan sebagian lagi akan diteruskan pada bagian bawah lantai jenjang.

Sedangkan dalam pemakaian lubang ledak tembak miring akan membentuk bidang bebas yang lebih luas, sehingga akan mempermudah proses

pecahnya batuan yang lebih besar dan gelombang tekan yang diteruskan pada lantai jenjang lebih kecil.



Gambar 2 3 Distribusi Gelombang Energi Peledakan Lubang Ledak (Jimeno, 1995)

Adapun keuntungan dari penggunaan lubang ledak tegak terhadap kegiatan peledakan adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan pengeboran dapat dilakukan dengan akurat.
2. Lebih mudah dalam pengerjaannya.
3. Waktu pengeboran lebih singkat.
4. Untuk tinggi jenjang yang sama panjang lubang ledak lebih pendek jika dibandingkan dengan lubang ledak miring.

Kerugian dari penggunaan lubang ledak tegak terhadap kegiatan peledakan adalah sebagai berikut:

1. Resiko terjadinya *backbreak* lebih besar.
2. Jenjang yang diperoleh tidak stabil.

3. Ukuran material tidak seragam.

Keuntungan dari penggunaan lubang ledak miring terhadap kegiatan peledakan adalah sebagai berikut:

1. Bidang bebas yang tersedia menjadi lebih luas.
2. Fragmentasi yang dihasilkan baik.
3. Dinding jenjang yang dihasilkan rata.
4. Mengurangi resiko terjadinya *backbreak*.
5. Mengurangi resiko terjadinya longsoran pada jenjang.

Kerugian dari penggunaan lubang ledak miring terhadap kegiatan peledakan adalah sebagai berikut:

1. Pengeboran kurang akurat karena kesulitan penempatan bor yang meningkat.
2. Biaya operasi meningkat.
3. Waktu edar pengeboran menjadi lebih lama.
4. Dibutuhkan pengawasan yang lebih ketat.
5. Pengisian bahan peledak menjadi lebih sulit.

2.3.2.3 Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antar lubang-lubang ledak dalam satu baris dengan lubang ledak pada baris berikutnya ataupun antara lubang ledak yang satu dengan lubang bor yang lainnya. Pola Peledakan ini

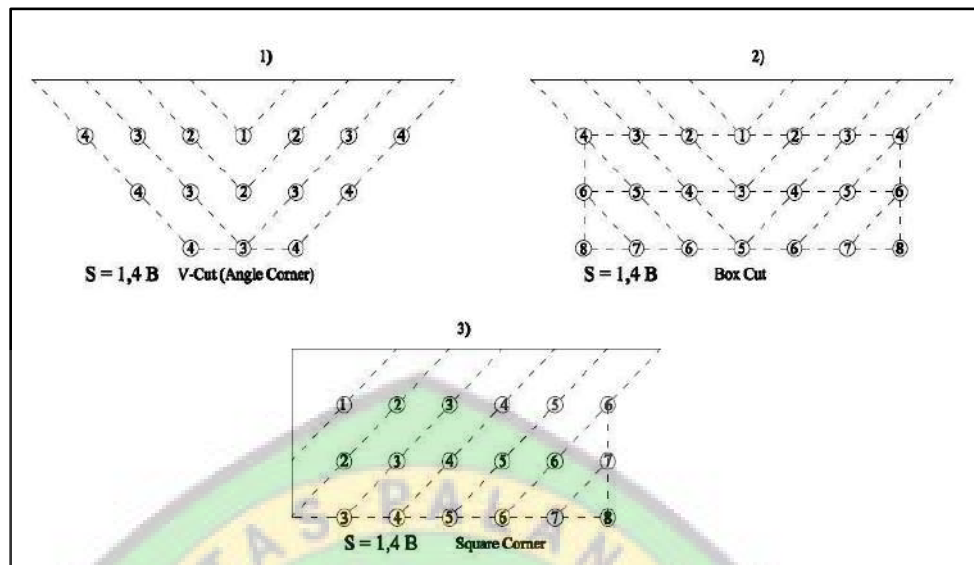
ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

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

- Pola peledakan serentak yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan secara serentak untuk semua lubang ledak
- Pola peledakan beruntun yaitu pola yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antar baris yang satu dengan baris lainnya.

Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

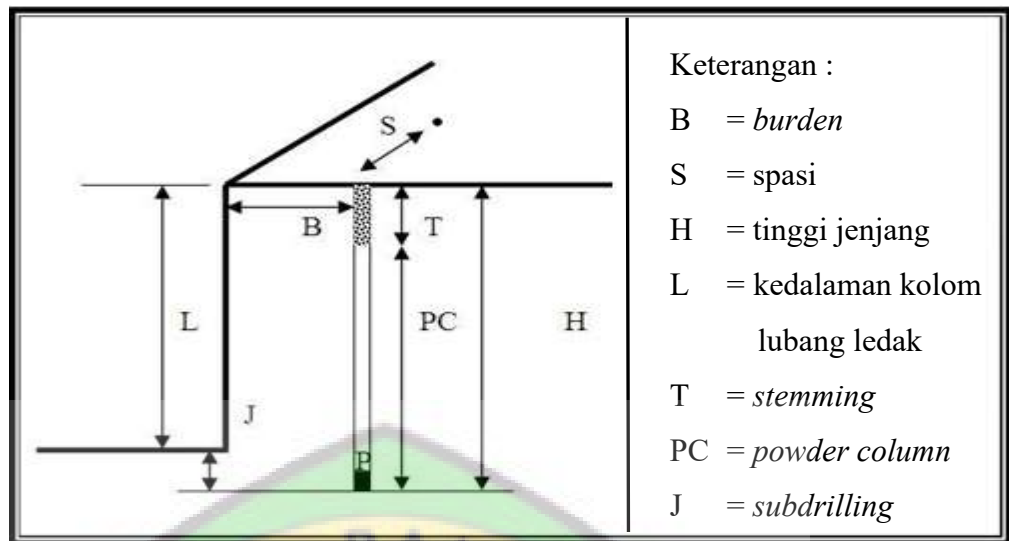
- “V” *Cut* yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan dan membentuk huruf V.
- *Box Cut* yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan dan membentuk kotak.
- *Corner Cut* atau *Square Corner* yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke salah satu dari bidang bebasnya.



Gambar 2 4. Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan
(Koesnaryo, 1985)

2.3.2.4 Geometri Peledakan

Untuk memperoleh hasil pembongkaran batuan sesuai dengan yang diinginkan maka perlu suatu perencanaan ledakan dengan memperhatikan besaran-besaran geometri peledakan.



Gambar 2.5. Geometri Peledakan R.L.Ash

1. *Burden* (B)

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang tembak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan, Muatan dan jenis bahan peledak dan lain-lain. Menentukan ukuran *burden* merupakan langkah awal agar fragmentasi batuan hasil peledakan, vibrasi, *airblast*, dsb. dapat memuaskan. *Burden* diturunkan berdasarkan diameter lubang ledak atau diameter mata bor. Untuk menentukan *burden*, R.L.Ash mendasarkan pada acuan yang disebut secara empirik, yaitu adanya batuan standar dan bahan peledak standar.

- Batuan standar adalah batuan yang mempunyai berat jenis atau densitas 160 lb/cuft (2,00 ton/m³), tidak lain dari densitas batuan rata-rata.
- Bahan peledak standar adalah bahan peledak yang mempunyai berat jenis (SG) 1,2 dan kecepatan detonasi (Ve) 12.000 fps (4.000 m.det).

Apabila batuan yang akan diledakkan sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang digunakan adalah bahan peledak standar, maka digunakan *burden ratio* (Kb) yaitu 30.

$$B = \frac{Kb \times De}{12} ft \dots\dots\dots(2.1)$$

$$B = \frac{Kb \times De}{39,3} m \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan : De = Diameter Lubang Ledak

B = *Burden*

Kb = *Burden Ratio*

Tetapi apabila batuan yang akan diledakkan tidak sama dengan batuan standar dan bahan peledak yang digunakan juga bukan bahan peledak standar, maka harga Kb-standar harus di koreksi menggunakan faktor penyesuaian (*adjustment factor*), AF₁ dan AF₂.

AF₁ adalah untuk bahan peledak yang digunakan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$AF_1 = \left(\frac{SG.Ve^2}{SGstd.Vestd^2} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : SG = *Spesific Gravity* batuan yang diledakkan

SGstd = *Spesific Gravity* standar

Ve = VOD bahan peledak yang digunakan

Vestd = VOD standar

AF_2 adalah koreksi untuk batuan yang akan diledakkan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$AF_2 = \left(\frac{D_{std}}{D} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan : D_{std} = Densitas batuan standar

D = Densitas batuan

Jadi koreksi *burden ratio* menjadi $K_b = 30 \times AF_1 \times AF_2 \dots (2.5)$

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

2. *Spacing* (S)

Adalah jarak antar lubang tembak dirangkai dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap bidang bebas. Ukuran *spacing* tergantung pada *burden*, kedalaman lubang tembak, letak primer, *delay* dan arah umum struktur batuan.

$$S = K_s \times B \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan : S = *Spacing*

K_s = *Spacing Ratio* (1,0 -2,0)

Yang perlu diperhatikan adalah kemungkinan adanya interaksi energi antara lubang tembak yang berdekatan karena akan dapat menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Tetapi jika *spacing* lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadinya bongkahan (*boulder*) dan tonjolan (*stump*) diantara lubang tembak setelah peledakan.

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

- Peledakan serentak, $S = 2 B$
- Peledakan beruntun dengan *delay* interval lama (*second delay*), $S = B$
- Peledakan dengan *milisecond delay*, S antara 1 B hingga 2 B
- Jika terdapat kekar yang saling tegak lurus, S antara 1,2 B – 1,8 B
- Pola peledakan dengan pola *equilateral* dan beruntun tiap lubang tembak dalam baris yang sama, $S+1,15 B$.

3. Kedalaman Lubang tembak (H)

Kedalaman lubang tembak tidak boleh lebih kecil dari ukuran burden untuk menghindari terjadinya *overbreak* dan *cratering*. Menurut R.LAsh, kedalaman lubang tembak berdasarkan pada *hole depth ratio* (K_h) yang harganya 1,5 - 4,0. Hal ini serupa dengan *Stiffness Ratio*. Hubungan kedalaman lubang tembak dengan burden adalah sebagai berikut :

$$H = K_h \times B \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan : $K_h = \text{Hole Depth Ratio}$

$H = \text{Kedalaman lubang tembak}$

B = *Burden*

4. *Subdrilling*

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

Panjang *subdrilling* diperoleh dengan menentukan harga *subdrilling ratio* (K_j) yang besarnya tidak lebih kecil dari 0,20. Untuk batuan *massive* biasanya dipakai K_j sebesar 0,3. Hubungan K_j dengan *burden* diekspresikan dengan persamaan :

$$K_j = J / B \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan : K_j = *Subdrilling ratio*

J = *Subdrilling*

5. *Stemming* (T)

Stemming adalah lubang tembak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, tetapi biasanya diisi oleh abu hasil pemboran atau kerikil (lebih baik) dan dipadatkan diatas bahan peledak. *Stemming* berfungsi untuk menentukan *stress balance* dalam lubang tembak, mengurung gas hasil proses kimia bahan peledak, dan mengontrol kemungkinan terjadinya *airblast* dan *flyrock*. Untuk mendapatkan *stress balance* dapat ditentukan $T = B$. *Stemming* ini disebut dengan *collar*.

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

Apabila Kt Kurang dari satu, akan terjadi *cratering* atau *backbreak*, terutama pada sistem *collar priming*. Untuk menghitung *stemming* di pakai persamaan sebagai berikut:

$$Kt = T / B \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan : Kt = *Stemming Ratio*

T = *Stemming*

2.4 Perhitungan Fragmentasi

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau *boulder* diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) di tepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Ukuran fragmentasi terbesar biasanya dibatasi oleh dimensi mangkok alat gali (*excavator* atau *shovel*) yang akan memuatnya ke dalam truck dan oleh ukuran gap bukaan *crusher*.

2.4.1 *Split Dekstop*

Split Desktop merupakan program pemrosesan gambar (*image analysis*) untuk menentukan distribusi ukuran dari fragmen batuan padaroses penghancuran batuan yang terjadi pada proses penambangan.

Program *split desktop* dijalankan oleh *engiener* atau teknisi dilokasi tambang dengan mengambil input data berupa foto digital fragmentasi. Sistem *split desktop* terdiri dari *software*, komputer dan *keyboard* dan monitor. Terdapat mekanisme untuk mengunduh gambar dari kamera digital ke komputer. Unsur unsur yang terkait split desktop adalah fragbatuan, foto digital, perangkat komputer, hasil dan analisis (duna, 2010).

2.4.2 **Prediksi Distribusi Fragmentasi Kuz-Ram**

Perhitungan Fragmentasi Menggunakan Prediksi Metode Kuz-Ram

Prediksi metode kuz-ram digunakan untuk menghitung fragmentasi hasil peledakan secara teoritis dengan mempertimbangkan parameter masukan seperti berikut :

- ✓ Rancangan geometri peledakan
- ✓ Faktor batuan dilokasi peledakan yang diperoleh berdasarkan *blastability indeks* dari koreksi variabel karakteristik massa batuan
- ✓ Karakteristik dan jenis bahan peledak yang digunakan.

Untuk perhitungan metode kuz-ram penulis menggunakan geometri peledakan laporan harian dari perusahaan dan dengan nilai faktor batuan yang

menggunakan index kemampuan ledakan dari pembobotan parameter indeks kemampuan ledak (*rating for blastability index*) berdasarkan teory lilly (1986).

Ada pun parameter indeks kemampuan ledak adalah sebaga berikut :

Deskripsi massa batuan / *Rock Mass Description* (RMD)

Jarak kekar pada batuan / *Joint Plane Space* (JPS)

Arah orientasi bidang kekar / *Joint Plane Orientation* (JPO)

Pengaruh berat jenis / *Specific Gravity Influence* (SGI)

Kekerasan batuan / *Hardness* (H)

Indeks kemampuan ledakan batuan (*blastability index*) di Kuari d lokasi 198 menurut Lilly (1986) diperoleh dari penjumlahan harga-harga yang representatif dari kelima parameter yaitu deskripsi massa batuan, spasi bidang kekar, orientasi bidang kekar, pengaruh *specific gravity*, dan kekerasan

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

Menghitung nilai faktor batuan (A) yang digunakan adalah 0,12 dari indeks kemampuledakan menggunakan persamaan berikut :

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

Tabel 2.1 Pembobotan batuan

1. <i>ROCK MASS DESCRIPTION</i> (RMD)	<i>RATING</i>
1.1 <i>Powder/friable</i>	10
1.2 <i>Blocky</i>	20
1.3 <i>Totally massive</i>	50
2. <i>JOINT PLANE SPACING</i> (JPS)	<i>RATING</i>
2.1 <i>Close</i> (< 0,1m)	10
2.2 <i>Intermediate</i> (0,1 - 1,0 m)	20
2.3 <i>Wide</i> (>1,0 m)	50
3. <i>JOINT PLANE ORIENTATION</i> (JPO)	<i>RATING</i>
3.1 <i>Horizontal</i>	10
3.2 <i>Dip out of face</i>	20
3.3 <i>Strike normal to face</i>	30
3.4 <i>Dip in to face</i>	40
4. <i>SPECIFIC GRAVITYINFLUENCE</i> (SGI)	SGI = 25 X SG - 50
5. <i>HARDNESS</i> (H)	

Model Kuz-Ram Merupakan gabungan dari persamaan *Kuznetsov* (1971) dan persamaan *Rossin* – (1933). Persamaan *Kuznetsov* memberikan ukuran fragmen batuan rata rata dan persamaan *rossin* – *Rammler* menentukan persentase material yang tertampung diayakan dengan ukuran tertentu. Persamaan *Kuznetsov* (1971) dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

$$X = A \left(\frac{V_0}{Q_e} \right)^{0,8} Q^{0,1667} \dots\dots\dots (2,10)$$

Keterangan :

X = Ukuran fragmentasi batuan rata rata (cm)

Qe = Faktor Batuan 7 untuk batuan menengah, 10 untuk batuan yang keras dan banyak kekar, 13 untuk batuan sangat keras.

V_o = Jumlah batuan perlubang tembak ($B \times S \times H$) dalam m^3

Q = Jumlah bahan peledak

Persamaan diatas digunakan untuk tipe bahan peledak TNT. Untuk itu *Cunningham (1983)* memodifikasi persamaan tersebut untuk memenuhi penggunaan ANFO sebagai bahan peledak. Sehingga persamaan tersebut menjadi :

$$X = A \left(\frac{V_o}{Q_e} \right)^{0.8} Q^{0.1667} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0.63} \dots\dots\dots (2,11)$$

Dengan :

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

X_c = Karakteristik ukuran (cm)

X = Ukuran ayakan (cm)

X_c dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$X_c = \frac{x}{(0,693)^{1/n}} \dots\dots\dots (2,12)$$

Indeks n adalah indeks keseragaman yang dikembangkan oleh *Cunningham (1987)* dengan menggunakan parameter dari desain peledakan. Indeks keseragaman (n) ditentukan dengan persamaan dibawah ini.

$$N = \left(2,2 - \frac{14B}{D} \right) \left(1 + \frac{[S]}{2B} - 1 \right) \left(1 - \frac{w}{B} \right) \left(\frac{PC}{H} \right) \dots\dots\dots (2,13)$$

Dengan :

B = burden (m)

D = Diameter lubang (m)

W = Standar deviasi dari kekuatan pengeboran (m)

A = Ratio Spaci /Burden

PC= Panjang Muatan (m)

H = Tinggi Jenjang (m)

Jika Pola pengeboran untuk pembuatan lubang tembak menggunakan pola *staggered*, maka nilai keseragaman n akan meningkat sebesar 10% (*hustrulid* 1999). Dalam pola *staggered* (Zig – zag), distribusi energi peledakan antar lubang akan lebih terdistribusi secara merata dari pola bukan *staggered*.

2.5 *Satellite Hole*

Satelit hole merupakan lubang tambahan yang dibuat diantara kedua lubang primer . Lubang bor satelit (*satellite hole*) dapat digunakan antara lubang bor produksi pada bagian atas batuan dalam area zone *stemming* yang dapat diisi dengan sedikit isian (*lightly loaded*) dan diledakkan dengan delay akhir. Volume bahan peledak isian satellite digunakan dalam zona *stemming*, isian tersebut harus diledakkan dengan delay singkat setelah isian utama diledakkan. Selain untuk area zona steaming satellite hole digunakan untuk meledakkan bagian

lapisan paling atas yang terdapat lapisan tebal supaya energi peledakan maksimal pada lapisan atas yang tebal.

(*Yohannes Panurian Ppc Depertemen Head Indoceement 2007*)

2.6 Biaya Peledakan

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.

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat mempengaruhi terhadap hasil peledakan, terutama dengan tingkat fragmentasi yang dihasilkan. Hal yang berpengaruh dalam pengisian bahan peledak dalam lubang ledak yaitu :

a. Konsentrasi Isian (*Loading density*)

Konsentrasi isian merupakan jumlah isian bahan peledak yang digunakan dalam isian (PC) lubang ledak. Untuk menghitung lubang ledak maka harus ditentukan dulu jumlah isian bahan peledak tiap meter panjang kolom isian (*loading density*). Untuk menghitung *loading density* dapat digunakan rumusan sebagai berikut :

$$De = 0,508 De^2 (SG) \dots\dots\dots (2,14)$$

Dengan :

De = *Loading density* (Kg/m).

De = Diameter lubang tembak (*inchi*).

SG = *Specific gravity* bahan peledak yang digunakan.

Sehingga jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang ledak dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = d_e \times PC \dots\dots\dots (2,15)$$

Dengan :

E = Jumlah bahan peledak tiap lubang ledak (Kg).

d_e = *Loading density* dari bahan peledak (Kg/m).

PC = Panjang kolom isian (m).

b. Powder Faktor (PF)

Didefinisikan menurut teori *Ash* sebagai perbandingan bahan peledak yang dipakai dalam volume peledakan, dalam satuan (kg/m^3). Karena volume peledakan dapat dikonversikan dengan berat maka pernyataan *powder faktor* bisa pula menjadi jumlah bahan peledak yang digunakan sebagai berat peledak (Kg/Ton), hubungan matematis antar bahan peledak dan jumlah batuan yang akan diledakkan. Ada 4 cara dalam menyatakan *powder faktor* yaitu :

1. Berat bahan peledak per volume batuan yang akan diledakkan (Kg/m^3).
2. Berat bahan peledak per berat batuan yang akan diledakkan (Kg/Ton).
3. Volume batuan per berat bahan peledak (m^3/Kg).
4. Berat batuan per bahan peledak (Ton/Kg).

Dari pengalaman *powder faktor* pada operasi penambangan dengan batuan yang relatif solid dengan berkisar

0,30-0,60 kg/m^3 . Untuk *powder faktor* dirumuskan dengan Samhudi (1994).

$$\text{powder faktor (pf)} = \frac{E}{V} \dots \dots \dots (2,16)$$

Ketengan :

Pf = *powder faktor* (Kg/m^3).

E = jumlah bahan peledak (Kg).

V = volume bahan peledak (m^3).

Untuk menghitung volume batuan yang diledakkan per lubang:

$$V = B \times S \times H \dots \dots \dots (2,17)$$

Keterangan :

V = volume (m^3).

B = *burden* (m).

S = *spacing* (m).

H = tinggi jenjang (m).

Tonase batuan yang terbongkar (W) digunakan rumus :

$$W = V \times Dr \dots \dots \dots (2,18)$$

Keterangan:

W = berat batuan (kg).

V = volume (m^3).

Dr = berat jenis batuan (kg/m^3).

c. *Specific Charge*

Specific charge adalah jumlah bahan peledak yang diperlukan untuk peledakan setiap volume batuan tertentu dinyatakan dalam (Kg/m^3). Secara

teoritis batuan akan pecah lebih kecil jika bahan peledak ditambah. Harga *specific charge* dipengaruhi oleh *burden* dan sifat fisik batuan yang akan diledakkan.

$$\text{Specific Charge} = \frac{\text{Jumlah Bahan Peledak (W ANFO+W Detonator+W Powergel)}}{\text{Volume Batuan Yang Diledakkan}}$$

Keterangan :

W ANFO = Berat ANFO (E (Kg)).

W powergel = Berat Powergel (Kg/lubang).

W detonator = berat detonator (Kg/lubang).

d. *Blasting Rasio*

Blasting rasio adalah suatu bilangan bahwa jumlah pemakaian bahan peledak yang digunakan untuk membongkar volume batuan yang diledakkan (Kg/Ton) dalam satuan tertentu rumus yang dipergunakan.

$$\text{Br} = \text{W/E} \dots\dots\dots (2,19)$$

Keterangan:

Br = *Blasting rasio* (Kg/Ton).

W = Jumlah bahan peledak (Kg).

E = Berat batuan yang terbongkar (Ton).

Untuk perhitungan biaya peledakan konvensional dapat di hitung dengan

Biaya peledakan konvensional = jumlah bahan peledak (ANFO, *detonator*, *power gel*) x harga bahan peledak

$$\text{Biaya bahan peledak untuk perlubang} = \frac{\text{total jumlah harga handak perlubang}}{\text{Volume batuan perlubang}}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Profil Perusahaan

PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk. (“Indocement” atau “Perseroan”) yang selanjutnya disebut PT ITP, mengoperasikan pabrik pertamanya secara resmi pada Agustus 1975. Perseroan didirikan pada 16 Januari 1985 melalui penggabungan 6 perusahaan semen, yang pada saat itu memiliki 8 pabrik. PT ITP didirikan dengan kegiatan usaha utama Perseroan meliputi manufaktur semen dan bahan bangunan, penambangan, konstruksi dan perdagangan.

Jumlah pabrik PT ITP termasuk Pabrik ke-14 adalah 13 pabrik. Sebagian besar pabrik berada di Pulau Jawa, 10 diantaranya berlokasi di Citeureup, Bogor, Jawa Barat, yang menjadikannya sebagai salah satu kompleks pabrik semen terintegrasi terbesar di dunia. Sementara 2 pabrik lainnya ada di Palimanan, Cirebon, Jawa Barat, dan satu lagi di Tarjun, Kotabaru, Kalimantan Selatan.

PT ITP menjual sekitar 18,7 juta ton semen dengan merek dagang “Tiga Roda” di 2014, yang menjadikannya sebagai perusahaan entitas tunggal penjual semen terbanyak di Indonesia. Produk semen Perseroan antara lain adalah *Portland Composite Cement (PCC)*, *Ordinary Portland Cement (OPC Tipe I, II, dan V)*, *Oil WellCement (OWC)*, Semen Putih, and TR-30 Acian Putih. PT ITP merupakan satu-satunya produsen yang membuat Semen Putih di Indonesia.

PT ITP pada 31 Desember 2014 telah memiliki kapasitas produksi terpasang mencapai 20,5 juta ton semen, 5,0 juta m³beton siap pakai (RMC) dengan 41 *batching plant* dan 706 *mixer truck*, serta kapasitas produksi agregat sebesar 2,8 juta ton per tahun dengan total cadangan agregat mencapai 80 juta ton dari 2 lokasi penambangan.

Sumber: www.indocement.co.id

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administratif, *Quarry D* PT ITP Citeureup beroperasi di Desa Lulut, Kecamatan Klapanunggal, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Quarry D* terletak di koordinat astronomis pada garis lintang 06° 30' 6,5" LS dan garis bujur 106° 55' 39" BT. Lokasi *Quarry D* terletak di sekitar 45 km sebelah tenggara Kota Jakarta dan 17 km sebelah timur laut Kota Bogor. Wilayah operasi penambangan *Quarry D* PT ITP Citeureup berbatasan dengan:

1. Batas Utara : Kecamatan Gunung Putri
2. Batas Timur : Kecamatan Klapanunggal
3. Batas Selatan : Desa Sentul, Kecamatan Babakan Madang
4. Batas Barat : Kecamatan Cibinong

Untuk mencapai lokasi penelitian dapat ditempuh dengan cara:

1. Jakarta – Pabrik Citeureup ditempuh melalui jalur darat dengan jarak tempuh ±45 km, dan ditempuh dalam waktu ±1,5 jam.
2. Pabrik Citeureup – *Quarry D* ditempuh melalui jalur darat dengan jarak tempuh ±8 km, dan ditempuh dalam waktu ±30 menit.

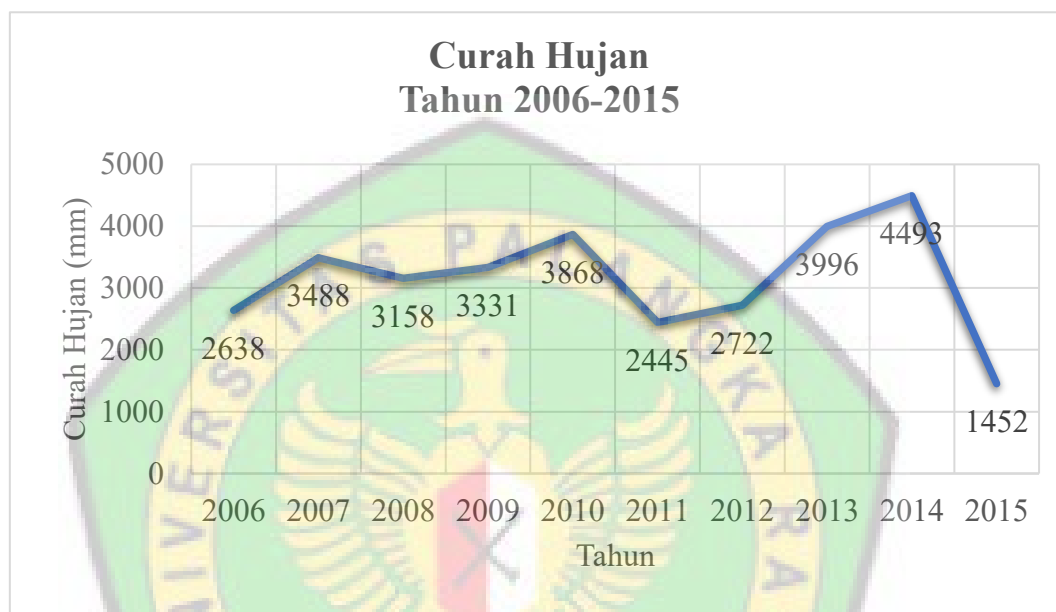
Lokasi pabrik dan lokasi *Quarry* D PT ITP Citeureup dapat dicapai dari Kota Jakarta melalui jalan tol Jagorawi kemudian keluar di pintu tol Gunung Putri dan mengambil arah yang menuju Jalan Mayor Oking Jaya Atmaja, Citeureup, Bogor. Rute tersebut bisa ditempuh dengan kendaraan pribadi ataupun dengan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

3.1.3 Keadaan Iklim dan Curah Hujan

Lokasi penelitian mempunyai dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau dengan temperatur yang berkisar antara 24° sampai dengan 34°C. Periode musim hujan berkisar antara bulan November - April. Sedangkan periode musim kemarau berkisar antara bulan Mei - Oktober. Curah hujan rata-rata selama tahun 2006-2015 adalah 3.159,1 mm/tahun.

Berdasarkan grafik curah hujan tahun 2006–2015 yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, maka dapat diketahui bahwa pada tahun 2014 memiliki curah hujan yang tertinggi (4.493 mm) dan pada tahun 2015 memiliki curah hujan yang terendah (1.452 mm)



Gambar 3. 1 Grafik curah hujan

Sumber: Mining Division PT ITP Citeureup

3.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian termasuk dalam kategori dengan kemiringan yang landai hingga terjal karena dipengaruhi oleh struktur geologi. Struktur geologi yang berkembang mempengaruhi bentuk morfologi, dan stratigrafi di lokasi penelitian.

3.2.1 Struktur Geologi dan Geologi Regional

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian diakibatkan oleh gaya tektonik yang menghasilkan pengangkatan, perlipatan, patahan, dan penerobosan. Menurut T. Turkandi dkk (1992) dan A.C. Effendi dkk (1998), kondisi geologi daerah penelitian termasuk dalam kelompok lembar Bogor dan lembar Jakarta yang terdiri dari:

1. Aluvium (Qa)

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

2. Kipas Aluvium (Qav)

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

3. 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.

4. Formasi Klapanunggal (Tmk)

Terdiri dari terutama batugamping terumbu padat dengan foraminifera besar dan fosil-fosil lainnya termasuk moluska dan echinodermata. Umur satuan ini diduga setara dengan formasi Lengkong dan Bojonglopang di zona

pegunungan selatan yaitu Miosen Awal. Formasi ini menjemari dengan formasi Jatiluhur dan di bagian timur lembar ketebalannya mencapai 500 meter.

5. Formasi Jatiluhur (Tmj)

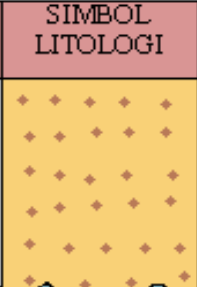
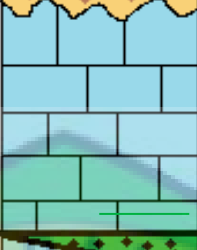
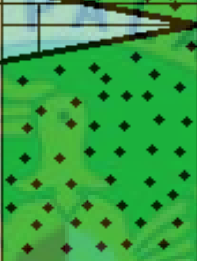
Formasi Jatiluhur berumur Miosen awal. Formasi ini terdiri dari napal dan serpih lempungan, dan sisipan batu pasir kuarsa, bertambah pasiran ke arah timur. Bagian atas formasi ini menjemari dengan formasi Klapanunggal.

6. Formasi Serpong (Tpss)

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

3.2.2 Stratigrafi

Menurut T. Turkandi dkk (1992) dan A.C. Effendi dkk (1998), *Quarry D* PT ITP Citeureup berada pada Formasi Jatiluhur yang bagian atasnya menjemari dengan formasi Klapanunggal dan berumur Miosen Awal.

UMUR	FORMASI	SIMBOL LITOLOGI	DESKRIPSI
Holosen	Aluvium		Aluvium diperkirakan berumur Holosen, terdiri dari lempung, lanau, kerikil dan kerakal; terutama endapan sungai termasuk pasir dan kerakal endapan pantai.
Miosen Awal	Klapanunggal		Batugamping te rumbu padat dengan foraminifera besar dan fosil-fosil lainnya termasuk moluska dan <i>echinodermata</i> . Formasi ini menje mari dengan Formasi Jatiluhur
	Jatiluhur		Napal dan serpih lempungan, dan sisipan batupasir kuarsa, bertambah pasiran ke arah timur. Bagian atas formasi ini menje mari dengan Formasi Klapanunggal, dan berumur Miosen Awal

Gambar 3. 2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Sumber: T. Turkandi dkk (1992) dan A.C. Effendi dkk (1998)

3.2.3 Morfologi

Berdasarkan pengamatan di lapangan, bentuk-bentuk bentang alam daerah penelitian secara umum didominasi oleh satuan morfologi perbukitan.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah :

a) Buku Lapangan

Buku lapangan berukuran kecil untuk mencatat data-data penting yang diperlukan dalam penelitian Tugas Akhir.

b) Alat Tulis

Alat tulis berfungsi untuk mencatat data-data yang diperlukan di lapangan.

c) Kamera Digital

Kamera berfungsi untuk mengambil gambar-gambar proses kegiatan yang berlangsung di lapangan.

d) Laptop

Laptop berfungsi untuk mengolah data-data yang telah diperoleh di lapangan maupun dari buku-buku referensi.

3.4 Tata Laksana Penelitian

Tahapan kegiatan penulisan Tugas Akhir ini terdiri dari 5 tahapan, yaitu:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan usulan Tugas Akhir dengan mempelajari buku-buku literatur yang berkaitan dengan fragmentasi hasil Peledakan.

2. Tahap Pengambilan data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer dilakukan dengan cara survei langsung di lapangan, pengambilan data di lapangan seperti pembuatan *satelite hole*, foto fargmentasi hasil peledakan. Sedangkan untuk data sekunder meliputi laporan geometri peledakan.

3. Tahap Pengolahan Data

Data fragmentasi hasil kegiatan peledakan, kemudian di analisa menggunakan *prekdiksi kuzram* dan *software split dekstop* sehingga di dapatkan fragmentasi yang lebih baik.

4. Tahap Analisa Data

Pemecahan masalah dilakukan berdasarkan foto fragmentasi setelah peledakan dilakukan di lapangan yang di dasari oleh literatur-literatur yang berhubungan dengan fragmentasi hasil peledakan. Hasil dari pengolahan data yaitu prediksi *kuzram* dan *software spilt dekstop*.

5. Tahap Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Setelah menganalisa data, maka ditarik kesimpulan. Hasil dari data keseluruhan di rangkum kedalam laporan tertulis untuk dipertanggung jawabkan dalam bentuk Laporan Penelitian Tugas Akhir. Adapun langkah-langkah dalam penelitian Tugas Akhir ini dijabarkan dalam diagram alir penelitian

3.5 Metode Penelitian

Di dalam melaksanakan penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan menggabungkan antara teori dan data-data yang di dapat dari lapangan sehingga diharapkan didapatkan penyelesaian masalah.

Adapun urutan metode penelitian ini, yaitu :

1. Studi Literatur

Mempelajari buku-buku literatur yang membahas tentang permasalahan yang diangkat dalam laporan ini. Seperti skripsi, makalah, jurnal dan laporan-laporan perusahaan yang menyangkut tentang fragmentasi batuan dari hasil peledakan.

2. Metode Observasi Lapangan

Melakukan observasi langsung di lapangan tentang kegiatan pemboran dan peledakan beserta hasil dari peledakan, yaitu fragmentasi batuan. Data yang didapatkan di lapangan di bedakan atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil orientasi dilapangan. Sedangkan data sekunder merupakan dokumen-dokumen penunjang dalam menulis laporan ini.

3. Metode *Interview* (Wawancara)

Metode ini dilakukan dengan cara mencari data melalui penjelasan secara langsung di lapangan oleh pihak karyawan mining department PT.Indocement Tunggul Prakarsa,tbk .

3.6 Tempat dan Waktu Penelitian

3.6.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah pada PT. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKARSA Tbk.

3.6.2 Waktu Penelitian

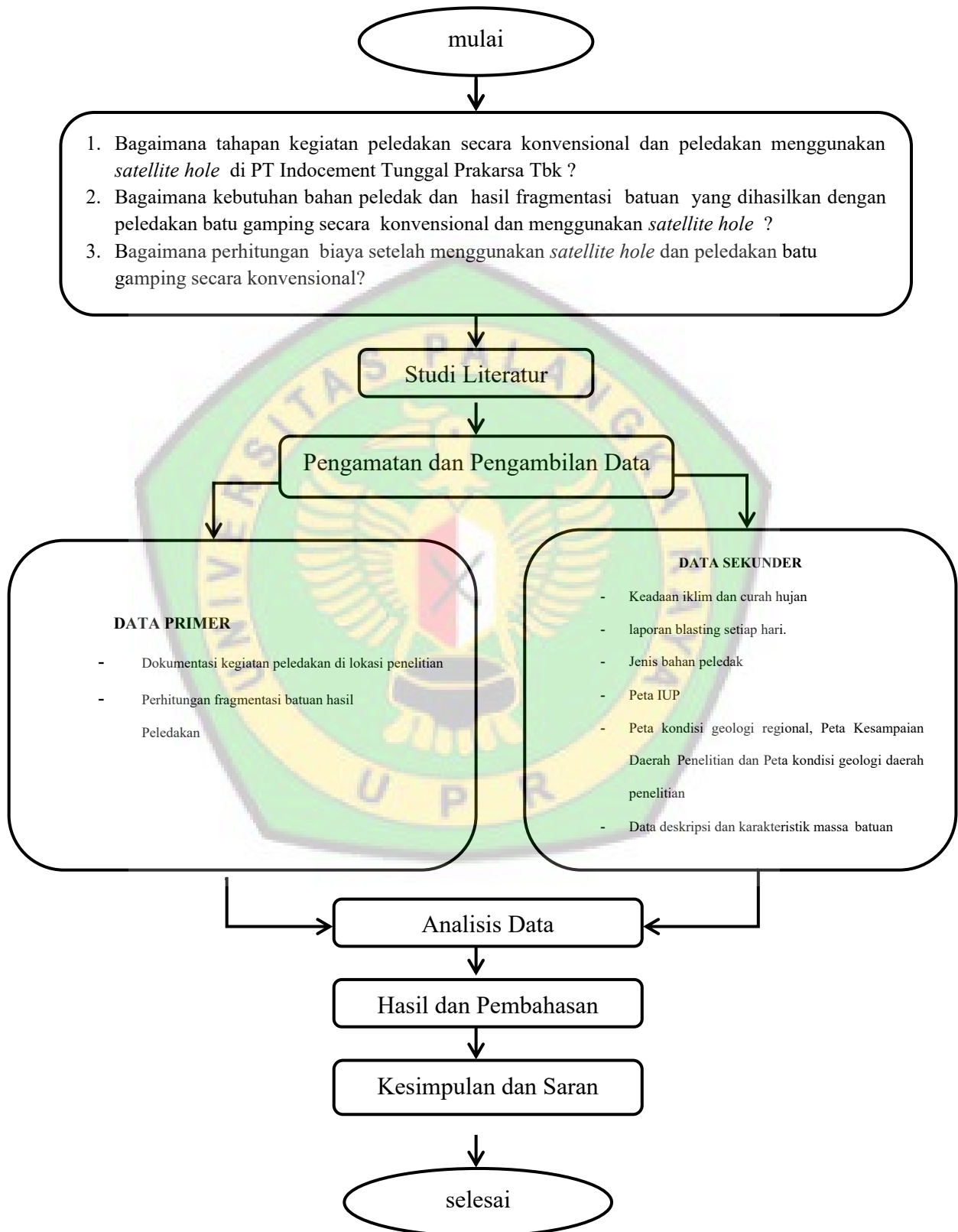
Waktu pelaksanaan kegiatan penelitian Tugas Akhir ini adalah selama tiga bulan dari **Juni sampai Juli 2017**. Dengan rincian kegiatan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

Kegiatan tugas akhir	Minggu ke-			
	1	2	3	4
Orientasi Lapangan				
Pengambilan Data Primer Dan Sekunder				
Pengolahan Dan Analisis Data				

Kegiatan tugas akhir	Minggu ke-			
	5	6	7	8
Pembuatan Laporan				
Seminar Perusahaan				
Revisi dan Konsultasi Revisi				

3.7 Bagan Alir



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Tahapan Kegiatan Peledakan

4.1.1.1 Tahapan Kegiatan Peledakan Konvensional

a. Pengeboran Lubang Ledak

kegiatan pengeboran di daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan alat bor dengan merk *Furukawa* tipe hc 1500, *Junjin* SD 1300, dengan diameter bit 4 inc. Dengan kemiringan lubang bor 75° dan kedalaman lubang bor berkisar antara 16 meter. Pengeboran di lokasi penelitian dilakukan selama 3 shift. Mulai dari pukul 07-03.30, pukul 03.30-23.00, dan 23.00-07.00. pembersihan lokasi yang akan di bor menggunakan *bulldozer* untuk membuat lokasi pengeboran menjadi datar dan pengoperasian alat bor menjadi mudah.



Gambar 4.1 Alat bor Furukawa

b . Pengecekan Lubang Bor

Pengecekan lubang bor dilakukan setiap pagi sebelum peledakan yang di cek oleh pengawas peledakan, *foreman* dan 2 orang karyawan bagian peledakan, kegiatan pengecekan lubang ledak berguna untuk mengetahui kondisi lubang ledak yang akan diledakkan, jumlah lubang ledak, kedalaman lubang ledak, tonase yang akan diledakkan, jumlah bahan peledak yang akan digunakan dan mengambil sampel. Jika kondisi lubang ledak dalam keadaan rusak yaitu terdapat goa di dalam lubang dan adanya air tanah maupun air hujan yang terisi kedalam lubang ledak maka lubang akan diperbaiki dengan membuat lubang yang baru di dekat lubang rusak yang dinamakan lubang *service*, apabila lubang *service* masih terdapat air maka lubang akan diisi dengan menggunakan ANFO isi (ANFO yang di isi jedalam plastik *linner*).



Gambar 4.2 Pengecekan lubang bor



Gambar 4.3 Bendera peledakan

c. Pencampuran Bahan Peledak

Pencampuran bahan peledak dilakukan di gudang handak. Bahan peledak yang akan dicampur adalah AN dengan FO, AN yang digunakan disuplai dari PT Dahana dengan densitas 0,8 gram/cc kecepatan detonasi 2500-4500 m/s dan *relative weight strenght* 100 pencampuran dilakukan menggunakan alat *coxa anfo mixer*. Perbandingan bahan peledak AN dengan FO adalah 94,5% : 5,5%. Setelah bahan peledak tercampur juru ledak akan merakit detonator ke kabel tunggal yang akan dibawa kelokasi peledakan. Setelah semua kegiatan digudang handak selesai bahan peledak dan juru ledak berangkat kelokasi peledakan dengan menggunakan truk.



a. Pengangkutan AN dari gudang



b. Pencampuran AN dengan FO



c. Pengemasan ANFO

Gambar 4. 4 Pencampuran bahan peledak



Gambar 4. 5 Rangkaian detonator

d. Pengisian Bahan Peledak

Pengisian bahan peledak dilakukan menggunakan cara manual yaitu di isi oleh kariawan dan juru ledak. Pekerjaan ini Pada bagian bawah lubang ledak akan dirakit detonator dengan *power gell* setelah itu ANFO akan di isi sampai batas *steaming*, bahan peledak akan ditutup menggunakan steaming yaitu *cutting* dari pengeboran.



Gambar 4. 6 Pengisian bahan peledak

e. Perangkaian *Blasting Wire*

Setelah pengisian bahan peledak selesai kegiatan selanjutnya adalah perangkaian *blasting wire* dengan cara menyambungkan *conecting wire* ke *conecting wire* lainnya kemudian setelah selesai *firing line* dihubungkan ke *blasting machine*. Untuk mengetahui tegangan dari rangkaian akan diukur menggunakan *blast ohm* meter. Dan setelah semua kegiatan perangkaian selesai juru ledak akan membawa *balsting machine* ke dalam *selter* yang berjarak 100 meter dari daerah peledakan.



Gambar 4. 7 *Blasting Machine*

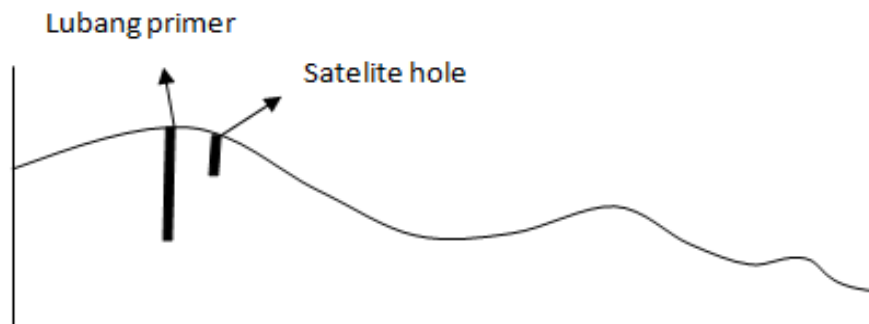


Gambar 4. 8 Perangkaian kabel ledak

4.1.1.2 Tahapan Kegiatan Peledakan Menggunakan *Satellite Hole*

Untuk tahapan kegiatan peledakan menggunakan *satellite hole* tidak jauh berbeda dengan peledakan secara konvensional, karena penambahan *satellite hole* berada diantara lubang primer pada peledakan konvensional. Pada peledakan konvensional dan menggunakan *satellite hole* diameter lubang ledaknya sama.

yaitu 4 *inchi* yang membedakan adalah kedalaman lubang ledak yaitu sekitar 3 meter dan isian bahan peledak 1 meter dan steaming 2 meter .



Gambar 4 9 Lubang *satellite hole*

Penetapan lubang ledak pada *satellite hole* dilakukan berdasarkan berdasarkan ketebalan lapisan atas pada jenjang di daerah penelitian. Adapun penyebab dibuatnya peledakan *satellite hole* adalah sebagai berikut :

1. lapisan paling atas dari jenjang daerah peledakan yang sangat tebal ± 3 segingga energi yang digunakan bahan peledak tidak maksimal.
2. untuk mengurangi jumlah *boulder* hasil peledakan dari peledakan secara konvensional.

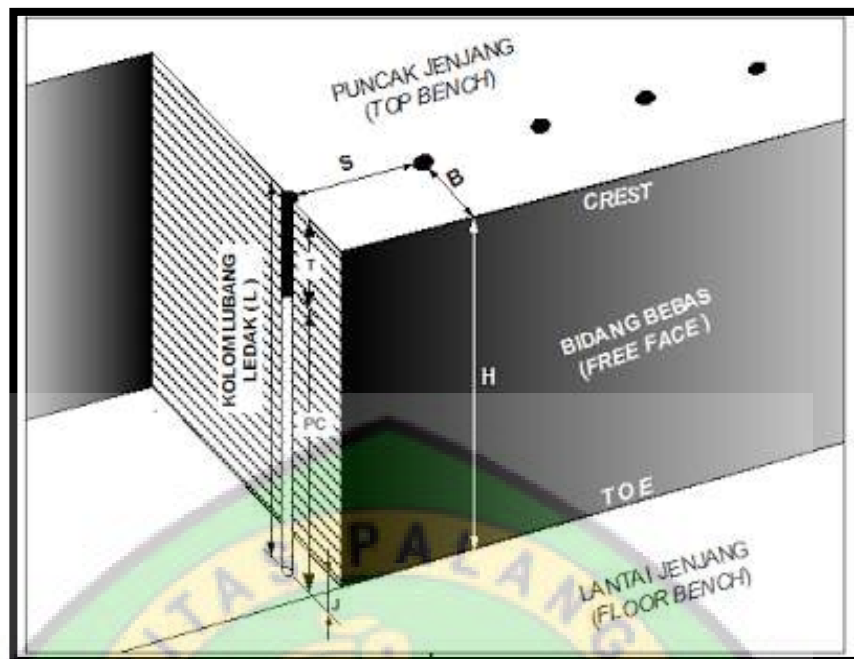
Untuk tahapan selanjutnya sama dengan tahapan kegiatan secara konvensional.

4.1.2 Kebutuhan Bahan Peledakan Dan Hasil Fragmentasi

4.1.2.1 Peledakan Konvensional

- a. kebutuhan bahan peledak peledakan konvensional

Peledakan di daerah penelitian menggunakan jenis bahan peledak elektrik detonator. Dengan menggunakan *delay* yang telah tertulis pada setiap detonator dimana jumlahnya 10 *delay*. Geometri peledakan merupakan suatu rancangan yang akan diterapkan pada kegiatan peledakan. Geometri peledakan di daerah penelitian telah ditetapkan oleh perusahaan. Berikut geometri yang digunakan perusahaan :



Gambar 4 10 Desain peledakan konvensional CJ.Konya

Tabel 4. 2 Geometri Peledakan

Geometri Peledakan	Perusahaan
Diameter (Inc)	4
Burden	3
Spasi	5
Tinggi Jenjang	16
Subdriling	1
Steming	3
Densitas	2
Pc	13

Sumber : PT . Idocement Tunggal Prakarsa Tbk, 2017

Tabel 4. 3 Geometri peledakan hari 1 penelitian

Geometri Peledakan	21-Jun-17
Diameter (Inc)	4
Burden	3
Spasi	5
Tinggi Jenjang	16
Subdriling	1
Steming	3
Densitas	2
Pc	13
Jumlah Lubang Ledak	31
Tonase	14880
PF	0,17
Volume Batuan(V_0)	240
Berat Bhn Peledak (Kg/m)	6,5
Berat Bhn Peledak/Lubang(Q)	84,5
Berat Bhn Peledak Total	2620,4

Dari hasil geometri peledakan diatas maka akan didapatkan kebutuhan bahan peledak jika telah didapatkan jumlah lubang yang akan diledakkan

Tonase = S x B x tinggi jenjang x densitas batuan x jumlah lubang

Tonase = 5 x 3 x 16 x 2 x 31

Tonase = 14880

Bahan peledak yang digunakan terdiri dari ANFO, detonator dan power gell

Untuk satu meter *carging* = $0,508 \text{ De}^2(\text{SG})$

Untuk satu meter *carging* = $0,508 (4)^2(0,80)$

Untuk satu meter *carging* = 6,5

Berat bahan peledak yang digunakan untuk sekali peledakan dilokasi adalah

$6,5 \times 13 \times 31 = 2620,4$

2. Fragmentasi Hasil Peledakan konvensional

Fragmentasi merupakan istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. fragmentasi yang besar atau boulder dipisahkan dari fragmentasi ukuran yang telah ditentukan perusahaan sesuai dengan gap bukaan *crusher*. Untuk memindahkan hasil peledakan batuan yang baik menggunakan *whell loader* ke dump truck dan langsung di angkut ke *crusher*. Sedangkan untuk *boulder* akan dipindahkan *whell loader* ke tempat penampungan boulder yang berdada di depan *free face*. Boulder yang telah terkumpul akan dihancurkan menggunakan *breaker* guna untuk diangkut kembali ke *crusher*.

Untuk *boulder* didaerah penelitian masih cukup banyak sehingga tonase material yang terhitung ketika sebelum peledakan tidak sama dengan material yang terkirim ke plant. Hal itu terbukti dari perhitungan dibawah ini :

1. Perhitungan Fragmentasi Menggunakan Prediksi Metode *Kuz-Ram*

Prediksi metode *kuz-ram* digunakan untuk menghitung fragmentasi hasil peledakan secara teoritis dengan mempertimbangkan parameter masukan seperti berikut :

Tabel 4. 4 Pembobotan batuan

1. <i>ROCK MASS DESCRIPTION</i> (RMD)	<i>RATING</i>
1.1 <i>Powder/friable</i>	10
1.2 <i>Blocky</i>	20
1.3 <i>Totally massive</i>	50
2. <i>JOINT PLANE SPACING</i> (JPS)	<i>RATING</i>
2.1 <i>Close (< 0,1m)</i>	10
2.2 <i>Intermediate (0,1 - 1,0 m)</i>	20
2.3 <i>Wide (>1,0 m)</i>	50
3. <i>JOINT PLANE ORIENTATION</i> (JPO)	<i>RATING</i>
3.1 <i>Horizontal</i>	10
3.2 <i>Dip out of face</i>	20
3.3 <i>Strike normal to face</i>	30
3.4 <i>Dip in to face</i>	40
4. <i>SPECIFIC GRAVITY INFLUENCE</i> (SGI)	SGI = 25 X 2,7 - 50 = 18
5. <i>HARDNESS</i> (H)	3,7

$$\begin{aligned}
 BI &= 0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \\
 &= 0,5 (20 + 10 + 30 + 0 + 3,7) \\
 &= 40,45 \\
 A &= 0,12 \times BI \\
 &= 0,12 \times 40,45 \\
 &= 4,85
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan faktor batuan langkah selanjutnya adalah menghitung prediksi metode kuz-ram, untuk material yang diinginkan adalah 90 cm untuk perhitungan dapat dilihat dilampiran.

Dari tabel diatas kita dapat menghitung index keseragaman fragmentasi batuan (N), ukuran rata2 fragmentasi hasil blasting (X), karakteristik ukuran batuan (Xc) dan persentase material yang tertahan pada ayakan (R_x)

- Index keseragaman fragmentasi batuan (N)

$$N = \left(2,2 - \frac{14B}{D}\right) \left(1 + \frac{[A^n]-1}{2}\right) \left(1 - \frac{w}{B}\right) \left(\frac{PC}{H}\right)$$

$$N = \left(2,2 - 14 \frac{3}{10,2}\right) \left(1 + \frac{[\frac{5}{3}]-1}{2}\right) \left(1 - \frac{0}{3}\right) \left(\frac{13}{16}\right)$$

$$N = 1,919048$$

- ukuran rata2 fragmentasi hasil blasting (X)

$$X = A \left(\frac{V_0}{Qe}\right)^{0,8} Q^{0,16} \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 4,554 \left(\frac{240}{84,5312}\right)^{0,8} 84,5312^{0,16} \left(\frac{100}{115}\right)^{-0,63}$$

$$X = 20,35 \text{ cm}$$

- karakteristik ukuran batuan (Xc)

$$XC = \frac{X}{(0,693)^{1/n}}$$

$$XC = \frac{24,011}{(0,693)^{1/2,07}}$$

$$XC = 24,64 \text{ cm}$$

- persentase material yang tertahan pada ayakan (R_x)

$$R = e^{-(x/xc)^n}$$

Tabel 4. 5 Tabel prediksi *kuz-ram* konvensional

Size (cm)	% Lolos	% Tertahan
0	0,00%	100,00%
10	10,51%	89,49%
20	34,28%	65,72%
30	59,91%	40,09%
40	79,55%	20,45%
50	91,25%	8,75%
60	96,85%	3,15%
70	99,04%	0,96%
80	99,75%	0,25%
90	% Lolos	0,05%
100	99,99%	0,01%

2. Perhitungan Fragmentasi Menggunakan Software *Spilt Dekstop*

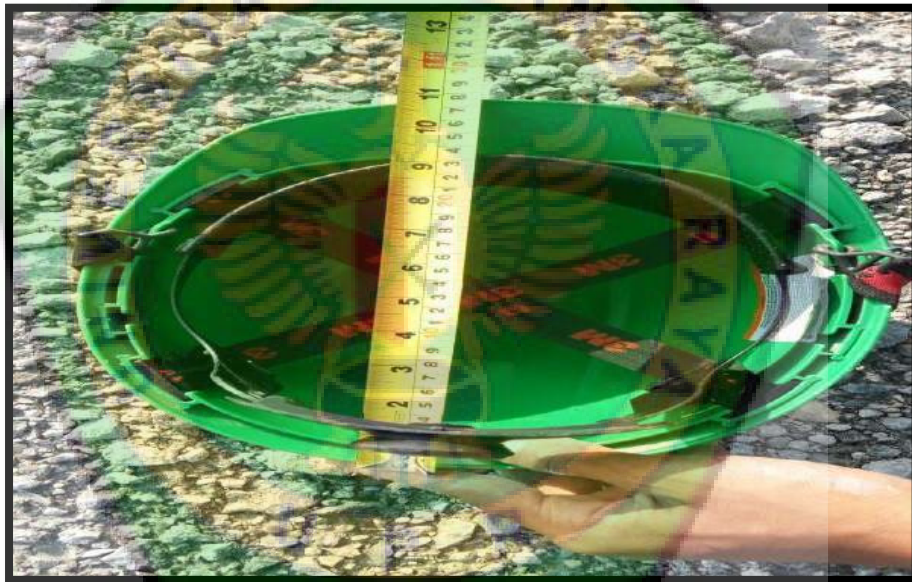
Perhitungan fragmentasi menggunakan software *split dekstop* merupakan perhitungan hasil peledakan batuan dilapangan dengan metode *image anlysis*. Proses komputasi pada program *split dekstop* membutuhkan suatu skala perbandingan untuk dijadikan acuan besarnya fragmentasi yang terbaca pada program. Pada penelitian ini digunakan *helm safety* yang berukuran panjang alas helm 28 cm sebagai skala pembanding dalam analisis gambar. Penggunaan helm ini bertujuan sebagai kalibrasi pengambilan gambar terhadap jarak pada tumpukan material hasil peledakan.

Program split dekstop akan memeberikan hasil berupa grafik dan tabel distribusi kumulatif dan fagmen paada foto foto yang dianalisa .hasil dari program ini juga dapat diketahui ukuran partikel *passing* dan *top size* material.

Tahapan analisis fragmen batuan menggunakan program split dekstop 2.0 adalah sebagai berikut :

✓ Tahapan pengambilan sampel foto

Pengambilan sampel foto dilakukan dengan cara memotret material hail peledakan dengan pembanding *helm safety* yang memiliki diameter 28 cm.



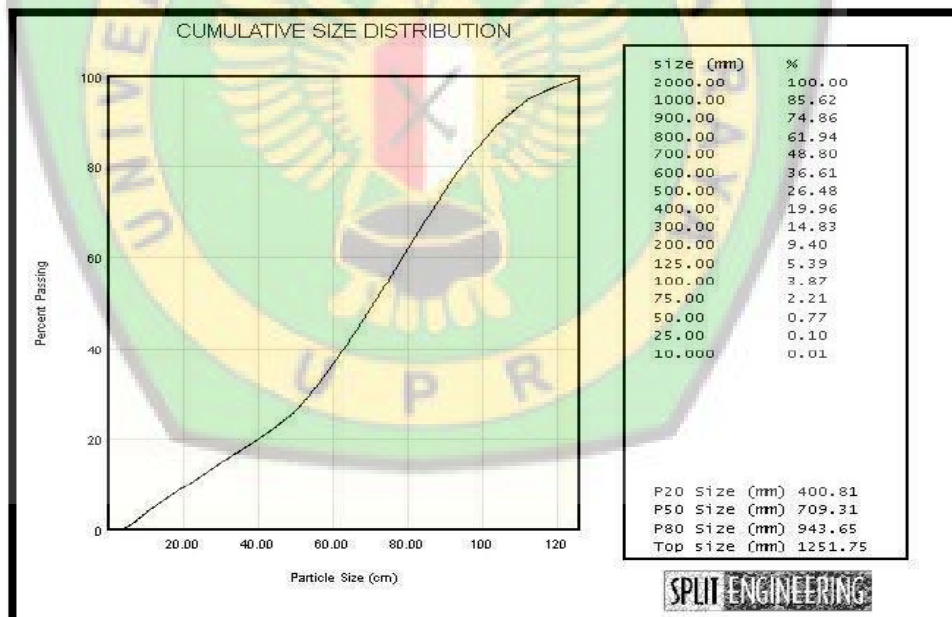
Gambar 4.11 *Helm* pembanding 28 cm

✓ Analisis sampel foto

Pada proses alaisis foto peledakan dengan program spilt dekstop 2.0 terdiri dati beberapa tahapan .dapat dilihat di lampiran.



Gambar 4. 12 Hasil peledakan batuan konvensional



Gambar 4. 13 Hasil *split dekstop* peledakan konvensional

pengukuran data menggunakan split dekstop yaitu data aktual lapangan masih terdapat banyak boulder dari hasil peledakan yang telah dilakukan setiap harinya. Sehingga sering material yang akan dikirim ke *crusher* tidak tercapai.

Tidak seimbangny material hasil peledakan yang dihitung ketika pengukuran lubang yang dilakukan sebelum peledakan dengan hasil sesudah peledakan, untuk menghindari hal ini adapun cara yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 6 Hasil peledakan konvensional yang dihitung berdasarkan *split dektop*

Waktu Peledakan	Ukuran Material	<i>Boulder</i> (%)	Tonase (Ton)
21/06/2017	90	18,3	14880
28/06/2017	90	16,1	4800
03/07/2017	90	12,3	7680
10/07/2017	90	9,36	17760
12/07/2017	90	12,9	14880
Rata Rata <i>Boulder</i>		13,792	

Dari hasil perhitungan hasil perhitungan *kuz-ram* dan menggunakan peledakan konvensional didapatkan perbedaan *boulder* yang sangat jauh sehingga perlu dilakukan cara bagaimana supaya *boulder* berkurang.

4.1.2.2 Peledakan Menggunakan *Satellite Hole*

- a. kebutuhan bahan peledak peledakan menggunakan *Satellite Hole*

Satellit hole merupakan lubang tambahan yang dibuat diantara kedua lubang primer yang baisanya kedalamannya sekitar 3 meter. Lubang bor *Satelite hole* dibuat tegak guna untuk Kegiatan pengeboran dapat dilakuakan dengan akurat, lebih mudah dalam pengerjaannya, waktu pengeboran lebih singkat. Dan untuk mengatasi *flying rock*.

Ada dua dampak yang disebabkan oleh satellite hole yaitu sebagai berikut :

1. Dampak positif satellite hole

a. Fragmentasi yang di dapatkan lebih baik dari peledakan konvensional

2. Dampak Negatif satellite hole

a. Adanya kemungkinan terjadinya *filying rock*.

b. Pengerjaannya lebih lama

c. Biaya handak lebih mahal.



Gambar 4. 14 Jenjang lokasi penelitian



Gambar 4. 15 *Boulder* pada peledakan konvensional

Tabel 4. 7 Geometri peledakan hari 1 penelitian menggunakan *satellite hole*

Geometri Peledakan	21-Jun-17
Diameter (Inc)	4
Burden	3
Spasi	5
Tinggi Jenjang	16
Subdriling	1
Steming	3
Densitas	2
Pc	13
Jumlah Lubang Ledak	15
Jumlah Lubang SH	14
Tonase	7200
PF	0,17
Volume Batuan(V_0)	1225
Berat Bhn Peledak (Kg/m)	6,5
Berat Bhn Peledak/Lubang(Q)	91,0336

Tonase = S x B x tinggi jenjang x densitas batuan x jumlah lubang

$$\text{Tonase} = 5 \times 3 \times 16 \times 2 \times 15$$

$$\text{Tonase} = 7200$$

Bahan peledak yang digunakan terdiri dari ANFO, detonator dan power gell

Untuk satu meter *carging* = $0,508 D e^2(SG)$

Untuk satu meter *carging* = $0,508 (4)^2(0,80)$

Untuk satu meter *carging* = 6,502

Berat bahan peledak yang digunakan untuk sekali peledakan dilokasi adalah

$$6,502 \times 13 \times 15 = 1267,89$$

2. Fragmentasi Hasil Peledakan menggunakan *satellite hole*

Perhitungan prediksi metode kuzram pada penggunaan satelite hole tentu berbeda dengan peledakan konvensional karena penambahan bahan peledak yang digunakan pada setiap lubang tambahan . seperti yang dijelaskan dibawah ini

➤ Index keseragaman fragmentasi batuan (N)

$$N = \left(2,2 - \frac{14B}{D} \right) \left(1 + \frac{[A'']-1}{2} \right) \left(1 - \frac{w}{B} \right) \left(\frac{PC}{H} \right)$$

$$N = \left(2,2 - 14 \frac{3}{10,2} \right) \left(1 + \frac{[5]-1}{2} \right) \left(1 - \frac{0}{3} \right) \left(\frac{13}{16} \right)$$

$$N = 1,919048$$

ukuran rata2 fragmentasi hasil blasting (X)

$$X = A \left(\frac{V_0}{Q_e} \right)^{0.8} Q^{0.16} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0.63}$$

$$X = 4,554 \left(\frac{240}{91,03360} \right)^{0.8} 91,0336^{0.16} \left(\frac{100}{115} \right)^{-0.63}$$

$$X = 19,42 \text{ cm}$$

➤ karakteristik ukuran batuan (Xc)

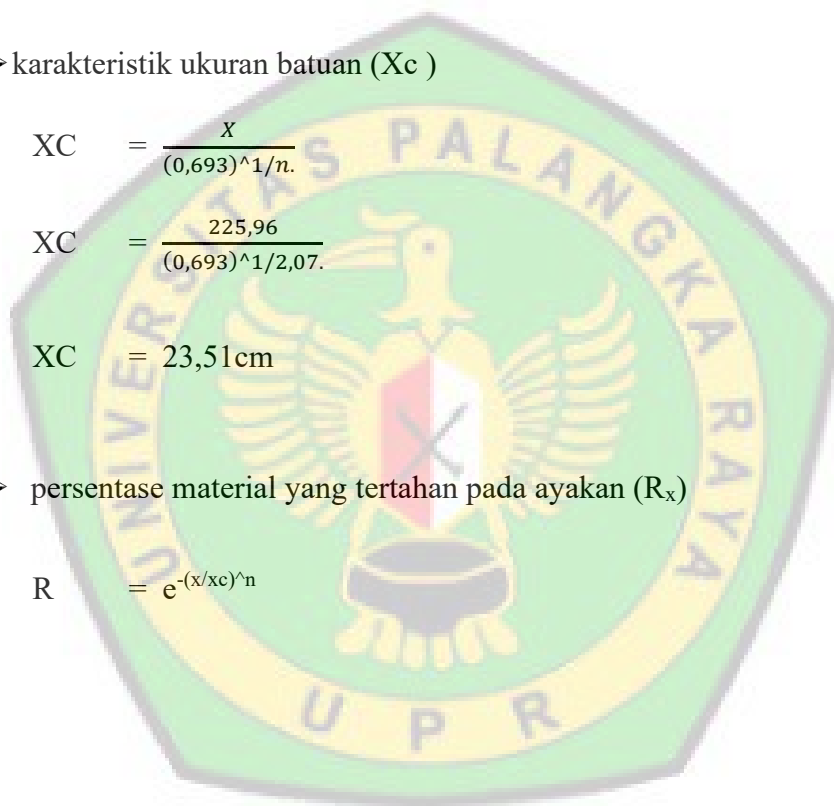
$$X_C = \frac{X}{(0,693)^{1/n}}$$

$$X_C = \frac{225,96}{(0,693)^{1/2,07}}$$

$$X_C = 23,51 \text{ cm}$$

➤ persentase material yang tertahan pada ayakan (R_x)

$$R = e^{-(x/x_c)^n}$$

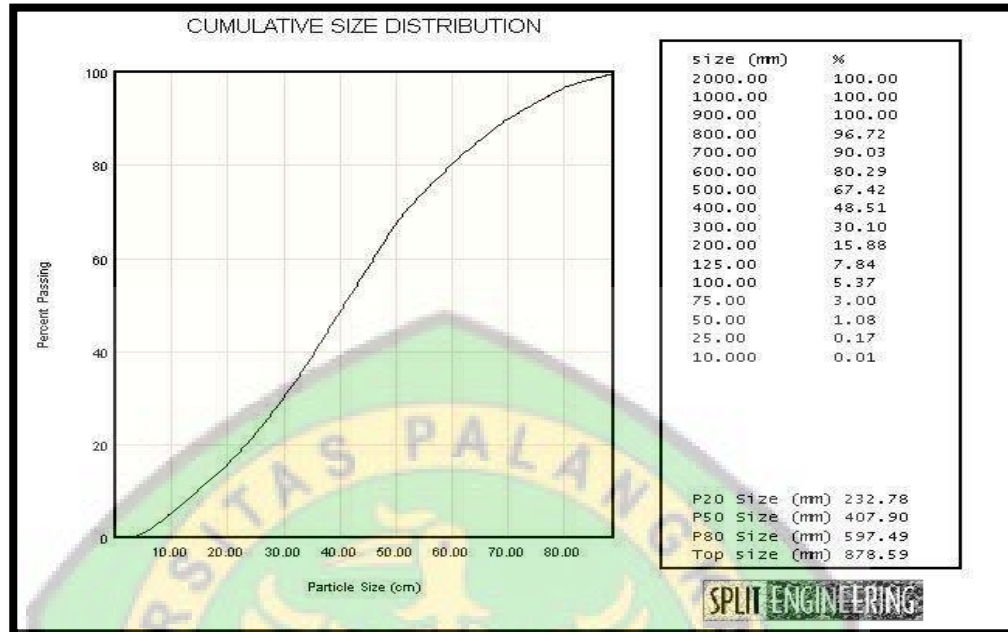


Tabel 4. 8 Tabel *kuz-ram satellite hole*

Size (cm)	% Lolos	% Tertahan
0	0,00%	100,00%
10	11,43%	88,57%
20	36,82%	63,18%
30	63,20%	36,80%
40	82,38%	17,62%
50	93,04%	6,96%
60	97,72%	2,28%
70	99,38%	0,62%
80	99,86%	0,14%
90	% Lolos	0,03%
100	100,00%	0,00%

Gambar 4 16 Fragmentasi hasil peledakan *satelite hole*

Pembuatan *satellite hole* akan mengurangi *boulder* dengan bukti dari split dekstop dibawah ini



Gambar 4 17 Hasil pengolahan *split dekstop*

Hasil peledakan menggunakan *satellite hole* di olah dengan *software split dekstop* membukikan bahwa hasil fragmentasi nya cukup baik karena mengalami penurunan *boulder*.

Tabel 4. 9 hasil dengan peledakan *satellite hole*

Waktu Peledakan	Ukuran Material	Boulder (%)	Tonase (Ton)
27/06/2017	90	0	7200
30/06/2017	90	5,68	11040
06/07/2017	90	2,2	13440
12/07/2017	90	1,6	11520
14/07/2017	90	3,8	12000
Rata -Rata		2,656	

4.1.3 Biaya peledakan

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.

Untuk handak permeter

$$De = 0,508 De^2 (SG)$$

$$De = 0,508 (4)^2 (0,8)$$

$$De = 6,502 \text{ kg/meter}$$

$$\text{Untuk satu lubang} = Pc \times De$$

$$= 13 \times 6,502$$

$$= 84,526 \text{ kg}$$

Tabel 4. 10 harga bahan peledak

Bahan Peledak (<i>Pcs</i>)	Harga (Rp)
Detonator	13.686
ANFO	6577
<i>Power gel</i>	6.800

Sumber : PT Indocement Tunggal prakarsa , tbk, 2017

Biaya untuk setiap lubang

$$\text{ANFO} = 84,526 \times 6.800$$

$$= \text{Rp } 574.776,8$$

$$\begin{aligned} \text{Power gel} &= 6 \times 6577 \\ &= \text{Rp } 39.403 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Detonator} &= 1 \times 13.686 \\ &= \text{Rp } 13.686 \end{aligned}$$

Maka total biaya untuk satu lubang peledakan adalah = Rp 574.776,8 + Rp 39.403 + Rp 13.686 = Rp 627 865 / lubang

Dari perhitungan harga jumlah bahan peledak yang didapatkan maka untuk

$$\begin{aligned} \text{mencari biaya untuk satu ton batu gamping} &= \frac{\text{Rp } 627\,865}{240} \\ &= 2616,104167 \end{aligned}$$

Untuk biaya peledakan menggunakan satellite hole penambahan handak seperti berikut :

Lubang satellite dengan kedalaman 3 meter

$$\begin{aligned} \text{Charging} &= 1 \text{ meter} \\ &= 6,502 \times 6.800 \\ &= \text{Rp } 44.213 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power gel} &= \frac{1}{2} \text{ pcs} \\ &= 0,5 \times 6577 \\ &= \text{Rp } 3.288,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Detonator} &= 1 \text{ pcs} \\ &= 1 \times 13.686 \\ &= \text{Rp } 13.686 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya untuk satu lubang satellite} = \text{Rp } 44.213 + \text{Rp } 3.288,5 + \text{Rp } 13.686$$

$$= \text{Rp } 61.187,5/ \text{ lubang}$$

Maka untuk satu ton batugamping perhitungan biaya peledakan menggunakan

$$\begin{aligned} \text{satellite hole adalah} &= \frac{\text{Rp } 627\,865 + 61187}{240} \\ &= 2.871,05 \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Tahapan Kegiatan Peledakan Konvensional Dan *Satellite Hole*

Peledakan konvensional merupakan peledakan yang dilakukan pada umumnya yaitu dengan mengisi lubang primer yang telah di bor pada hari sebelum kegiatan peledakan. Tetapi banyak kendala yang sering terjadi pada peledakan konvensional di daerah penelitian, kendala-kendala tersebut dapat mempengaruhi hasil peledakan di lapangan yaitu sebagai berikut:

1. Adanya air tanah dan air hujan yang mengisi lubang primer sehingga pengisian bahan peledak kedalam lubang tidak maksimal dan menggunakan plastik liner. Jika air yang didalam lubang melebihi batas yaitu sekitar 5 meter maka akan di buat lubang baru di dekat lubang lama untuk mengganti lubang yang terisi air.
2. Adanya rongga didalam lubang sehingga pengisian bahan peledak ke dalam lubang primer tidak maksimal, pengisian terhadap kendala yang seperti ini biasanya dengan menggunakan plastik *liner* sampai bunyi di dalam lubang primer terdengar kuat setelah itu di isi menggunakan ANFO pada umumnya.

3. Pengeboran tidak sempurna,

Untuk pengeboran yang tidak sempurna meliputi kemiringan lubang ledak yang lebih besar atau kurang dari 75° , dan jarak antar burden dan spasi lebih dan kurang dari 3 dan 5 meter.

Peledakan menggunakan *satellite hole* tentu menambah waktu kerja dalam penegerjaannya seperti penambahan lubang Bor didepan lubang primer sedalam 3 meter. Penerapan lubang *satellite hole* dilakukan dengan 2 lubang primer mewakili 1 lubang *satellite hole*. Selain penambahan waktu kerja penambahan bahan peledak yang digunakan yaitu untuk setiap lubang ditambah 6,502 kg.

4.2.2 Kebutuhan Bahan Peledak Dan Fragmentasi hasil peledakan

4.2.2.1. Kebutuhan Bahan Peledak Konvensional dan *Satellite Hole*

Kebutuhan bahan peledak untuk peledakan konvensional dilakukan dengan pengisian lubang primer sampai batas steaming. Bahan peledak yang digunakan harus mengikuti *blasting ratio* yang telah ditentukan perusahaan yaitu sebesar 0,175 kg/ ton, bahan peledak yang digunakan untuk satu lubang biasanya terdiri dari :

1. ANFO
2. Detonator 1 buah
- 3 . *Power gell* 5 buah

Pengisian bahan peledak dilakukan dengan megikatkan detonator dengan *power gell* di awal pengisian setelah itu ANFO dimasukkan kedalam lubang

sampai 13 meter kemudian steaming dimasukkan menggunakan *cutting* sedalam 3 meter.

Kebutuhan bahan peledak untuk peledakan menggunakan *satellite hole* sebagai berikut :

1. 1 meter bahan peledak dengan berat 6,502 kg
2. Detonator 1 buah
3. *Power gell* 0,5 buah

Pengisian bahan peledak dilakukan seperti peledakan konvensional bedanya dijumlah berat ANFO dan *power gell* yang digunakan, pengisian steaming dilakukan setelah ANFO terisi sedalam satu meter dan steaming di diisi sedalam dua meter. Dengan penambahan bahan peledak pada peledakan *satellite hole* tidak melebihi batas blasting ratio yang telah ditentukan oleh perusahaan.

4.2.2.2 Fragmentasi Hasil Peledakan

Perhitungan fragmentasi untuk teori menggunakan distribusi prediksi *kuzram* dan perhitungan hasil peledakan dilapangan dengan menggunakan analisis foto yang di olah menggunakan *software split dekstop*. setiap peledakan menghasilkan fragmentasi yang baik dan fragmentasi yang buruk (*boulder*). Umumnya peledakan menghendaki fragmentasi yang baik namun tidak bisa di hindari bahwa *boulder* akan selalu terdapat pada peledakan, beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi *boulder* mengurangi jarak burden, dan menambah bahan peledak. Pada peledakan konvensional menghasilkan *boulder* 13,792% untuk menghindari jumlah *boulder* dilakukan tanpa menambah bahan peledak yang

banyak dan jarak burden menjadi lebih kecil dengan menggunakan *satellite hole* sehingga *boulder* yang dihasilkan menjadi lebih sedikit yaitu sebesar 2,656 %.

4.2.3 Biaya Peledakan

Perhitungan total biaya peledakan terdiri dari biaya peledakan hasil pembongkaran perlubang dengan diameter lubang ledak 4 *inchi*. Untuk memenuhi target pembongkaran perhari akan dibutuhkan lubang ledak lebih banyak ini sangat mempengaruhi pada penggunaan perlengkapan peledakan jadi secara tidak langsung biaya peledakan akan naik. Total biaya peledakan dianggap paling optimal terdapat pada lokasi peledakan batu gamping di kuary D lokasi 198 blok 2.

Perhitungan biaya bahan peledak dengan menggunakan peledakan konvensional dan *satellite hole* tidak jauh berbeda. Selisih biaya bahan peledakan untuk setiap lubang sekitar $\text{Rp } 2871,05 - \text{Rp } 2616,10 = \text{Rp } 255,4$.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

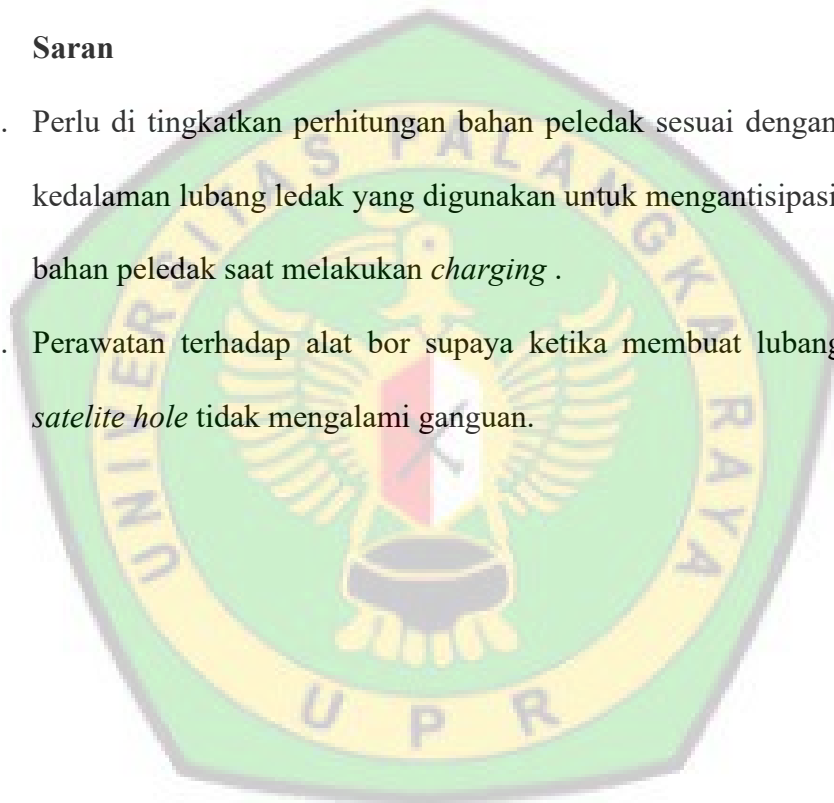
1. a. kegiatan peledakan di quarry D blok 2 lokasi 198 menggunakan peledakan konvensional beberapa tahapan yaitu
 - ✓ Pengeboran Lubang Ledak
 - ✓ Pengecekan Lubang Bor
 - ✓ Pencampuran Bahan Peledak
 - ✓ Pengisian Bahan Peledak dan *steaming*.
 - ✓ Perangkaian *Blasting Wire*.
- b. Untuk peledakan menggunakan satellite hole dilakukan dengan penambahan lubang didepan lubang primer dengan kedalaman yang berbeda dengan lubang pada peledakan konvensional. Tahapan peledakan menggunakan satellite sama dengan peledakan konvensional.
2. a. kebutuhan bahan peledak untuk peledakan konvensional dengan peledakan *satelite hole* tidak sama karena penambahan lubang diantara lubang primer. Terdapat penambahan 6,5 kg bahan peledak 1 detonator dan 0,5 *pcs power gell*.
- b. Perhitungan fragmentasi dilakukan dengan menggunakan prediksi metode *kuz-ram* dan *split dekstop 2.0*. Rata rata persentase fragmentasi yang tidak baik (*boulder*) yang dihasilkan dari peledakan konvensional di daerah penelitian selama penelitian dengan ukuran > 90 cm = 13,792% sedangkan

rata rata persentase boulder menggunakan satelite hole dengan ukuran > 90 cm = 2,656 %

3. Biaya bahan peledak untuk satu lubang peledakan lubang primer adalah = Rp 627. 865, dan penambahan biaya untuk satu *satellite hole* = Rp 61.187,5

5.2 Saran

1. Perlu di tingkatkan perhitungan bahan peledak sesuai dengan jumlah dan kedalaman lubang ledak yang digunakan untuk mengantisipasi kekurangan bahan peledak saat melakukan *charging* .
2. Perawatan terhadap alat bor supaya ketika membuat lubang servis dan *satelite hole* tidak mengalami gangguan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R.L.1990. *Design of Blasting Round, Surface Mining*. BA. Kennedy Editor, Society for Mining, Metallurgy, and Exploition, Inc. Page 565-584.
- Bertha G. 1990. *Explosive :An Engineering Tool, Italesplosivi*. Milano
- Dyno Nobel. 1995. *Efficient Blasting Techniques*. Blast dinamic. Asia Pasific.
- Elnashai, S.A & Sarno, D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Wiley. Hongkong
- Gadallah, R.M & Fisher. R. 2009. *Exploration Geophysics*. Springer. Berlin.
- Husain Usman & R.Purnomo Setiady Akbar. 2009. *Pengantar Statistika*, PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Jimeno, E.L. 1995. *Drilling and Blasting Of Rocks* . Rotterdam/Brookfield.
- Koesnaryo, S. 1985. *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*". Jurusan Teknik Pertambangan. UPN "Veteran Yogyakarta. Yogyakarta.
- Konya C.J. and Walter E.J., 1990, *Surface Blast Design*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jers
- Panurian Yohannes Ppc Depertemen Head Indoceement, 2007. PT Indocement Tunggal prakarsa. Bogor. Jawa barat.
- Langefors U., and Kihlstrom, B., "*The Modern Technique of Rock Blasting*", *Second Edition*, A Heelsted Press Book John Willey & Sons, New York,1973.
- Saptono Singgih, 2006, Teknik Peledakan, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran".
- Samhudi, " Teknik Peledakan ", Departemen Pertambangan dan Energi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Tenaga Pertambangan, 1994.