

**KAJIAN POTENSI FLYING ROCK PELEDAKAN TERHADAP RADIUS AMAN ALAT
PEREMUK CRUSHER DI CV TEKAD JAYA HALABAN KABUPATEN LIMA PULUH
KOTA SUMATERA BARAT**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program S – 1 Teknik Pertambangan



OLEH :

RANDA RAMADHAN

NIM/TM. 14137016/2014

Konsentrasi	: Tambang Umum
Program Studi	: S1 Teknik Pertambangan
Jurusan	: Teknik Pertambangan

**JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR

Judul : Kajian Potensi *Flying Rock* Peledakan Terhadap Radius Aman
Alat Peremuk *Crusher* di CV Tekad Jaya Halaban Kabupaten
Lima Puluh Kota Sumatera Barat

Nama : Randa Ramadhan
NIM : 14137016
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, 27 Mei 2020

Disetujui oleh:

Pembimbing



Dedi Yulhendra, S.T., M.T
NIP. 19800915 200501 1 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



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

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Randa Ramadhan

NIM : 14137016

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Tugas Akhir di Depan Tim Penguji
Program Studi S1 Teknik Pertambangan
Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang
Dengan Judul:

**Kajian Potensi *Flying Rock* Peledakan Terhadap Radius Aman Alat Peremuk *Crusher* di CV
Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat**

Padang, 27 Mei 2020

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Dedi Yulhendra, S.T., M.T

1.



2. Anggota : Dr. Murad, M.T

2.



3. Anggota : Yoszi Mingsi Anaperta, S.T., M.T.

3.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

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

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

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail : mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Randa Ramadhan
NIM/TM : 14137016/2014
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

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

"Kajian Potensi *Flying Rock* Peledakan Terhadap Radius Aman Alat Peremuk *Crusher* di CV Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat"

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

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

Padang, 28 Mei 2020

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

Dr. Fadhilah S.Pd., M.Si.
NIP. 19721215 200012 2 001

pernyataan,

Randa Ramadhan
NIM. 14137016



Management
System
ISO 9001:2008

www.tuv.com
ID 9105046446

BIODATA



I. Data Diri

Nama Lengkap : Randa Ramadhan
NIM/TM : 14137016/2014
Tempat/ Tanggal Lahir : Padang/ 31 Januari 1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Nama Bapak : Hedral
Nama Ibuk : Husni T
Jumlah Bersaudara : 2 Bersaudara
Alamat Tetap : Perumahan Anak Air Permai Blok D No. 10,
Lubuk Buaya, Padang.
Nomor HP : 082386652556
Email : Ramadhan.randa31@gmail.com

II. Data Pendidikan

Sekolah Dasar : SD Negeri 18 Air Tawar Padang
Sekolah Lanjutan Pertama : SMP Negeri 07 Padang
Sekolah Lanjutan Atas : SMA Negeri 2 Padang
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Penelitian Tugas Akhir

Tempat Penelitian : CV Tekad Jaya Kabupaten 50 Kota
Topik Tugas Akhir : Kajian Potensi *Flying Rock* Peledakan Terhadap
Radius Aman Alat Peremuk Crusher di CV Tekad

Jaya Halaban Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat.

Tanggal Sidang Akhir : 11 Mei 2020

Padang, Mei 2020

Randa Ramadhan
NIM/TM. 14137016/2014

ABSTRACT

Randa Ramadhan : Study Of Flying Rock Potential Of Blasting On Safe Distance A Crusher In Cv Tekad Jaya Halaban 50 Kota West Sumatera

Flyrock is a situation where a miss occurs because of a problem when the explosion occurred. Some things that might lead to flyrock are no free faces, inappropriate stemming, shallow holes and too many rows. With the new geometry can minimize the impact of flyrock. Research and data collection locations are in CV Tekad Jaya with the distance of the blasting location to the crusher along 125 m. This research was conducted by measuring the actual maximum throw distance of flyrock in the field. Observations were made 35 times. flyrock throw distances use two methods, namely the theory of Richard and Moore (2005) and Abraham Ghasemi (2012). Obtained 11 designs from RL Ash CJ Konya and previous geometry references, which have a PF approaching 0.2 and a maximum flyrock of 40 m but have less good fragmentation which is almost 50% boulder. Among the 11 designs with PF approaching 0.2, they were 3 m burden, 10 kg ANFO and 2.75 stemming, while for quite good fragmentation among 11 designs, there was a 2.2 load, ANFO 15.16 kg and 1.70 m stemming. The relationship between PF and fragmentation of the minimum design include the number of anfo used and the ratio between burden and space.

Keywords: *Blasting, Flyrock, Geometri, fragmentation*, RL Ash, CJ Konya

RINGKASAN

Randa Ramadhan : Kajian Potensi *Flying Rock* Peledakan Terhadap Radius Aman Alat Peremuk *Crusher* Di Cv Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat

Flyrock adalah suatu keadaan dimana terjadi *miss* dikarenakan adanya masalah pada saat peledakan terjadi. Beberapa hal yang mungkin mengakibatkan terjadinya *flyrock* adalah tidak ada *freeface*, stemming yang tidak sesuai, lubang yang dangkal dan jumlah *row* yang terlalu banyak. Dengan geometri yang baru dapat meminimalisir dampak *flyrock* yang terjadi saat peledakan karena dapat membahayakan alat, bangunan dan manusia yang ada di sekitar peledakan. Lokasi penelitian dan pengambilan data berada di CV Tekad Jaya dengan jarak lokasi peledakan terhadap crusher sepanjang 125 m. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur jarak lemparan maksimum aktual *flyrock* di lapangan. Pengamatan dilakukan sebanyak 35 kali. jarak lemparan *flyrock* menggunakan dua metode yaitu teori Richard dan Moore (2005) dan Abraham Ghasemi (2012). Didapatlah 11 rancangan dari RL Ash CJ Konya dan acuan geometri sebelumnya, dimana memiliki PF mendekati 0.2 dan *flyrock* maksimal 40 m namun memiliki fragmentasi yang kurang bagus yaitu hampir 50% boulder. Diantara 11 rancangan dengan PF mendekati 0.2 yaitu dengan burden 3m, anfo 10 kg dan stemming 2.75, sedangkan untuk fragmentasi yang cukup bagus diantara 11 rancangan yaitu dengan burden 2.2, anfo 15.1 6kg dan stemming 1.70 m. Hubungan antara PF dan fragmentasi terhadap rancangan minimum tersebut diantaranya adalah jumlah anfo yang dipakai dan rasio antara burden dengan spasi.

Kata Kunci: Peledakan, *Flyrock*, Geometri, Fragmentasi, RL Ash, CJ Konya

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis mohonkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya, salawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi besar Muhammad SAW. Penyelesaian Tugas Akhir ini berdasarkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan di CV Tekad Jaya. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Tugas Akhir ini berjudul ***“Kajian Potensi Flying Rock Peledakan Terhadap Radius Aman Alat Peremuk Crusher di CV Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat”***.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih atas semua fasilitas, bantuan, bimbingan, dan saran yang diberikan kepada penulis. Ucapan terimakasih tersebut penulis ajukan kepada:

1. Teristimewa kepada Kedua Orang Tua Penulis dan seluruh keluarga yang tidak pernah bosan dan sepenuhnya memberikan dukungan, dorongan serta doa yang ikhlas kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Dedi Yulhendra, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Penulis di Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Ibu Dr. Fadhilah, S.Pd., M,Si selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

4. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
5. Bapak Ali Basrah Pulungan, S.T., M.T selaku Kepala Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Dr. Murad, M.T selaku dosen Penguji I
7. Ibu Yoszi Mingsi Anaperta S.T M.T selaku dosen Penguji II
8. Bapak Selno sebagai KTT CV Tekad Jaya
9. Bapak Husein sebagai Kepala Gudang CV Tekad Jaya
10. Bapak Rio sebagai Kepala Juru Ledak CV Tekad Jaya dan semua pegawai CV Tekad Jaya yang telah ikut membantu penulis dalam proses pengambilan data
11. Serta semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan, karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata Penulis mengucapkan terimakasih dan semoga Tugas Akhir ini bermanfaat terutama untuk penulis sendiri, CV Tekad Jaya dan bagi yang membaca.

Padang, Mei 2020

Randa Ramadhan
2014/14137016

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
BIODATA	v
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	2
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Perusahaan	6
B. Kajian Teori	8
C. Penelitian Yang Relevan	38
D. Kerangka Konseptual	44
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	45
B. Teknik Pengambilan Data	45

C. Teknik Pelaksanaan	48
D. Diagram Alir Penelitian	49
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	50
B. Pembahasan	99
BAB III. PENUTUP	
A. Kesimpulan	102
B. Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta Kabupaten Lima Puluh Kota.....	6
Gambar 2. Peta Situasi Wilayah Penambangan CV Tekad Jaya.....	7
Gambar 3. Mekanisme Terjadinya <i>Flyrock</i>	24
Gambar 4. Potensi Arah Lemparan <i>Flyrock</i>	25
Gambar 5. Contoh <i>Faceburst</i> Peledakan.....	26
Gambar 6. Lemparan <i>Flyrock</i> Aktual 21 Januari 2019	52
Gambar 7. Lemparan <i>Flyrock</i> Aktual 21 Januari 2019 Menurut Shortplus	53
Gambar 8. Penomoran Lubang	56
Gambar 9. Grafik <i>Faceburst</i> 21 Januari 2019	58
Gambar 10. Grafik <i>Cratering</i> 21 Januari 2019	59
Gambar 11. Grafik Rifling 21 Januari 2019	60
Gambar 12. Grafik Abraham 21 Januari 2019	62
Gambar 13. Lemparan <i>Flyrock</i> Aktual 26 Januari 2019	64
Gambar 14. Lemparan <i>Flyrock</i> Aktual 26 Januari 2019 Menurut Shortplus .	65
Gambar 15. Penomoran Lubang	67
Gambar 16. Grafik <i>Faceburst</i> 26 Januari 2019.....	69

Gambar 17. Grafik Cratering 26 Januari 2019	70
Gambar 18. Grafik Rifling 26 Januari 2019	71
Gambar 19. Grafik Abraham 26 Januari 2019	72
Gambar 20. Lemparan Flyrock Aktual 3 Februari 2019	74
Gambar 21. Lemparan Flyrock Aktual 3 Februari 2019 Menurut Shortplus .	75
Gambar 22. Penomoran Lubang	77
Gambar 23. Grafik Faceburst 3 Februari 2019	78
Gambar 24. Grafik Cratering 3 Februari 2019	79
Gambar 25. Grafik Rifling 3 Februari 2019	81
Gambar 26. Grafik Abraham 3 Februari 2019	82

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Pembobotan Massa Batuan Untuk Peledakan	37
Tabel 2. Data Geometri Peledakan	51
Tabel 3. Lemparan Flyrock Aktual 21 Januari 2019.....	51
Tabel 4. Data <i>Sounding</i> Kedalaman 21 Januari 2019.....	54
Tabel 5. Data Penomoran Lubang Ledak 21 Januari 2019	55
Tabel 6. Data <i>Faceburst</i> 21 Januari 2019	57
Tabel 7. Data <i>Cratering</i> 21 Januari 2019	59
Tabel 8. Data <i>Riffling</i> 21 Januari 2019	61
Tabel 9. Data <i>Flyrock Abraham Ghasemi</i> 21 Januari 2019	62
Tabel 10. Data Geometri Peledakan 26 Januari 2019	65
Tabel 11. Lemparan <i>flyrock</i> Aktual 26 Januari 2019	65
Tabel 12. Data <i>Sounding</i> Kedalaman 26 Januari 2019	68
Tabel 13. Data Penomoran Lubang Ledak 26 Januari 2019	68
Tabel 14. Data <i>Faceburst</i> 26 Januari 2019	70
Tabel 15. Data <i>Cratering</i> 26 Januari 2019	72
Tabel 16. Data <i>Riffling</i> 26 Januari 2019	73
Tabel 17. Data <i>Flyrock Abraham Ghasemi</i> 26 Januari 2019	75
Tabel 18. Data Geometri Peledakan 3 Februari 2019	77
Tabel 19. Lemparan <i>Flyrock</i> Aktual 3 Februari 2019	78
Tabel 20. Data <i>Sounding</i> 3 Februari 2019	80
Tabel 21. Data Penomoran Lubang Ledak 3 Februari 2019	81

Tabel 22. Data <i>Faceburst</i> 3 Februari 2019	82
Tabel 23. Data <i>Cratering</i> 3 Februari 2019	84
Tabel 24. Data <i>Rifling</i> 3 Februari 2019	86
Tabel 25. Data Ebrahim Ghasemi 3 Februari 2019	87
Tabel 26. Data Perbandingan Lemparan <i>Flyrock</i>	89
Tabel 27. Data Rekomendasi Berdasarkan RL ash dan CJ konya	91
Tabel 28. Parameter RL Ash	91
Tabel 29. Parameter CJ Konya	95
Tabel 30. Rancangan Geometri Peledakan Acuan Bulan Januari 2019	98
Tabel 31. Data Saringan	99
Tabel 32. Rekomendasi Flyrock Minimum.....	100
Tabel 33. Rancangan CJ Konya	100
Tabel 34. Fragmentasi	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Peta IUP dan Daerah Penambangan

Lampiran B. Perhitungan Flyrock Manual

Lampiran C. Perhitungan Rancangan Geometri Manual

Lampiran D. Perhitungan Fragmentasi Batuan

Lampiran E. Dokumentasi Lapangan

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Penambangan terbuka adalah metode penambangan yang segala kegiatan atau aktivitas penambangan yang dilakukan di atas atau relatif dekat dengan permukaan bumi dan tempat kerja yang berhubungan langsung dengan udara luar. Kegiatan awal proses penambangan dimulai dari kegiatan survey pemetaan, pembersihan lahan (land clearing), pengupasan dan pengangkutan top soil, pengupasan dan pengangkutan tanah penutup (*overburden*), penambangan dan pengangkutan, pemasaran, dan reklamasi lahan pasca tambang.

CV Tekad Jaya merupakan salah satu perusahaan penambangan batu gamping dengan sistem terbuka yang terletak di Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Dengan sempitnya daerah penambangan, mengakibatkan alat kesulitan berpindah menuju radius aman dan perusahaan harus menganalisis dampak peledakan yang akan terjadi nantinya, salah satunya yaitu *flyrock*.

Flyrocks adalah suatu keadaan dimana terjadi miss dikarenakan adanya masalah pada saat peledakan terjadi, dan juga dimungkinkan terjadi karena lubang bor yang dangkal atau kelebihan emulsi yang jelas berdampak terjadinya *flyrock*. Beberapa hal yang mungkin mengakibatkan terjadinya *flyrock* adalah tidak ada *freeface*, *stemming* yang tidak sesuai, lubang yang dangkal dan jumlah *row* yang terlalu banyak.

Dengan kondisi area penambangan yang terlalu sempit, mengakibatkan area peledakan kurang aman terhadap area sekitar. Adapun jarak bukit area peledakan terhadap alat *crusher* dan alat berat ialah $\pm 125\text{m}$ dan jarak dari alat *crusher* dengan rumah warga ialah $\pm 200\text{m}$ (Lampiran A). Adapun dampak flyrock di lapangan yaitu pernah mengenai seng kantin yang berjarak $\pm 150\text{m}$ yang mengakibatkan harus diganti (Lampiran E). Maka dari itu penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul **“Kajian Potensi *Flying Rock* Peledakan Terhadap Radius Aman Alat Peremuk *Crusher* Di Cv Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat”**

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Area penambangan berada di dekat pemukiman warga yang berjarak $\pm 200\text{m}$
2. Keberadaan Alat *Crusher* yang berjarak $\pm 150\text{m}$ dari area peledakan
3. Kedalaman lubang dan panjang *stemming* yang berbeda-beda yang berdampak pada *flyrock* di lapangan

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah pada geometri peledakan di CV Tekad Jaya. Batasan penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di kawasan penambangan CV Tekad Jaya pada Puncak Jaya I dan Puncak Jaya II

2. Penelitian ini hanya mengkaji jarak lemparan *flyrock* akibat dari geometri peledakan aktual di area peledakan
3. Penelitian dilakukan menggunakan metode *Richard & Moore* dan Ebrahim Ghasemi untuk menentukan jarak lemparan dengan rancangan geometri peledakan di lapangan berupa *burden*, *spasi*, *stemming*, dan kedalaman lubang
4. Penelitian ini hanya mengkaji dampak dari geometri peledakan terhadap *flyrock* yang nantinya berhubungan dengan PF dan fragmentasi

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah yang telah diuraikan maka untuk lebih terarahnya penelitian ini penulis merumuskan masalahnya, sebagai berikut:

1. Berapa nilai geometri aktual peledakan di lapangan berupa *burden*, *spasi*, kedalaman, jumlah isian, panjang *stemming*, dan diameter lubang?
2. Berapa jarak lemparan aktual di lapangan akibat peledakan?
3. Berapa jarak *flyrock* peledakan menggunakan metode *Richard & Moore* dan metode Ebrahim Ghasemi?
4. Bagaimana rekomendasi geometri peledakan untuk meminimalkan *flyrock* dengan menggunakan RL ash dan CJ Konya?
5. Bagaimana dampak *flyrock* dari geometri peledakan terhadap PF dan fragmentasi?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan maka dapat dapat diketahui tujuan penulis melakukan penelitian ini, antara lain:

1. Mendapatkan nilai geometri aktual peledakan di lapangan berupa *burden*, *spasi*, kedalaman, jumlah isian, panjang *stemming*, dan diameter lubang.
2. Mendapatkan jarak lemparan aktual di lapangan akibat peledakan
3. Mendapatkan jarak *flyrock* peledakan menggunakan metode *Richard & Moore* dan metode Ebrahim Ghasemi
4. Mendapatkan rekomendasi geometri peledakan untuk meminimalkan *flyrock* dengan RL Ash dan CJ Konya
5. Mendapatkan nilai *flyrock* dari rekomendasi geometri peledakan terhadap PF dan fragmentasi dengan Kuz-Ram

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, antara lain:

1. Bagi Penulis

Meningkatkan kemampuan penulis dalam mengidentifikasi dan menganalisis suatu masalah secara sistematis serta menambah pengetahuan dan wawasan dalam menerapkan teori-teori yang telah didapatkan di bangku kuliah.

2. Bagi Mahasiswa

Dapat digunakan sebagai referensi atau acuan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

3. Bagi Perusahaan

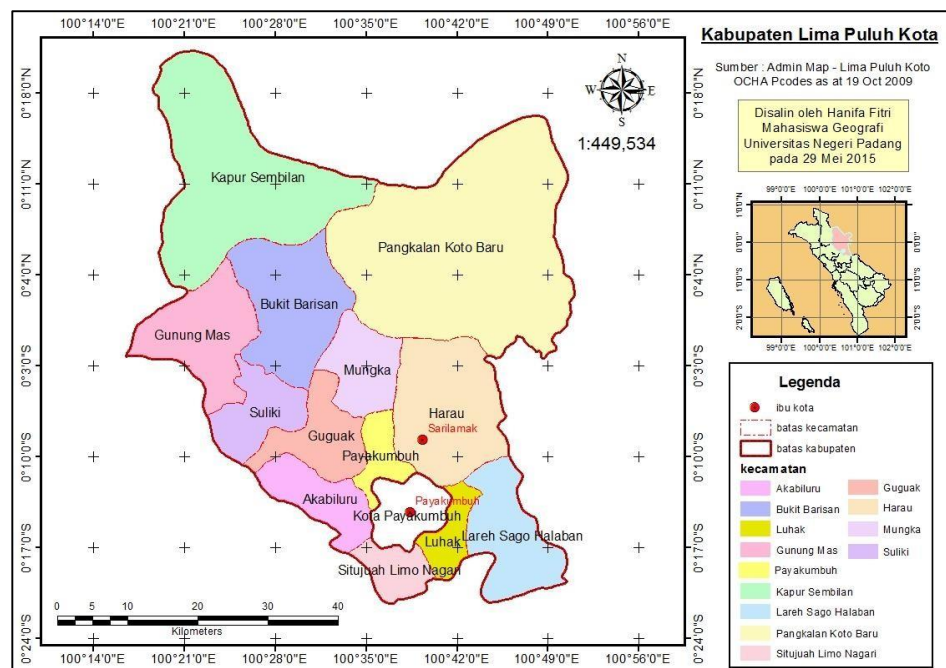
- a. Dapat mengetahui dampak *flyrock* hasil peledakan di lapangan
- b. Mendapatkan hasil dari analisis jarak lemparan *flyrock* yang bisa dijadikan solusi terhadap kegiatan peledakan selanjutnya yang lebih aman.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administrasi, lokasi penambangan perusahaan CV Tekad Jaya yang bergerak di penambangan batu gamping terletak di Jorong Bulakan, Nagari Tanjung Gadang, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. Adapun peta lokasi penambangan dapat dilihat pada Gambar 1, berikut:



Sumber : Admin Map – Lima Puluh Kota

Gambar 1. Peta Kabupaten Lima Puluh Kota

Untuk dapat sampai menuju lokasi, jika tolak ukur dari Kota Payakumbuh, maka untuk mencapai lokasi harus menempuh waktu ± 45 menit menggunakan sepeda motor.

Sabak, Filit, Serpih Terkesikkan dan Kuarsit. Penyebarannya meliputi Wilayah IUP Operasi Produksi CV. Tekad Jaya.

3. Keadaan Morfologi

Berdasarkan aspek morfologi Wilayah IUP Operasi Produksi CV. Tekad Jaya berbentuk dome (elevasi antara 635m hingga 714m dari permukaan laut) dengan sudut kelerengan berkisar antara 20% hingga 60% dengan pola aliran dentritik. Sebagian besar merupakan sungai tadah hujan, yang akan kering apabila musim kemarau.

4. Iklim dan Curah Hujan

Iklim di daerah penambangan CV. Tekad Jaya beriklim tropis. Halaban memiliki sejumlah besar curah hujan sepanjang tahun. Hal ini berlaku bahkan untuk bulan kering. Mengenai iklim di Halaban, Presipitasi terendah di Bulan Februari dengan rata-rata 124 mm dan tertinggi sebesar 299mm pada Bulan Oktober. Dengan suhu rata-rata sebesar 27,5°C.

B. Kajian Teori

1. Geometri Pemboran

Geometri pemboran meliputi diameter lubang bor, kedalaman lubang tembak, kemiringan lubang tembak, tinggi jenjang dan juga pola pemboran.

a. Diameter Lubang Bor

Diameter lubang tembak yang terlalu kecil menyebabkan faktor energi yang dihasilkan akan berkurang sehingga tidak cukup besar untuk membongkar batuan yang akan diledakkan, sedang jika

diameter lubang tembak terlalu besar maka lubang tembak tidak cukup untuk menghasilkan fragmentasi yang baik, terutama pada batuan yang banyak terdapat kekar dengan jarak kerapatan yang tinggi.

Diameter lubang tembak yang kecil juga memberikan patahan atau hancuran yang lebih baik pada bagian atap jenjang. hal ini berhubungan dengan *stemming*, dimana lubang tembak yang besar maka panjang *stemming* juga akan semakin besar dikarenakan untuk menghindari getaran dan batuan terbang, sedangkan jika menggunakan lubang tembak yang kecil maka panjang *stemming* dapat dikurangi.

Ukuran diameter lubang ledak yang akan dipilih akan tergantung pada :

- 1) volume massa batuan yang akan dibongkar (volume produksi)
- 2) tinggi jenjang dan konfigurasi isian
- 3) tinggi fragmentasi yang diinginkan
- 4) alat muat yang digunakan

b. Kedalaman Lubang Tembak

Kedalaman lubang tembak biasanya disesuaikan dengan tinggi jenjang yang diterapkan. dan untuk mendapatkan lantai jenjang yang rata maka hendaknya kedalaman lubang tembak harus lebih besar dari tinggi jenjang, yang mana kelebihan daripada kedalaman ini disebut dengan *subdrilling*.

c. Kemiringan Lubang Tembak

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

d. Pola Pemboran

Pola pemboran sangat penting artinya untuk mendapatkan hasil peledakan seperti yang diinginkan. Untuk tambang terbuka, peledakan jenjang merupakan pekerjaan yang umum dilaksanakan dalam kegiatan penambangan dengan memakai lubang bor vertikal atau miring yang diatur dalam satu deretan atau beberapa deretan sejajar atau kearah bidang bebas (*freeface*).

2. Geometri Peledakan

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

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

a. Teori RL. Ash

R.L.Ash (1967) membuat suatu pedoman perhitungan geometri peledakan jenjang berdasarkan pengalaman empirik yang diperoleh di berbagai tempat dengan jenis pekerjaan dan batuan yang berbeda-beda. Sehingga R.L. Ash berhasil mengajukan rumusan-rumusan empirik yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam rancangan awal suatu peledakan batuan.

1) *Burden*

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang tembak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan. Menentukan ukuran *burden* merupakan langkah awal agar fragmentasi batuan hasil peledakan, vibrasi, *airblast* dapat memuaskan.

Burden diturunkan berdasarkan diameter lubang tembak atau diameter mata bor atau diameter dodol bahan peledak. Untuk menentukan *burden*, R.L. Ash (1967) mendasarkan pada acuan yang dibuat secara empirik, yaitu adanya batuan standar dan bahan peledak standar. Adapun mencari *burden* dengan RL Ash ialah (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi):

$$AF1 = \sqrt[3]{\frac{D_{std} \text{ batuan}}{D \text{ batuan}}}$$

$$AF2 = \sqrt[3]{\frac{SG_{handak} \times (Ve_{handak})^2}{SG_{stdhandak} \times (Ve_{stdhandak})^2}}$$

$$Kb_{terkoreksi} = Kb_{std} \times AF1 \times AF2$$

$$B = kb \times \frac{de}{12}$$

Keterangan:

AF1 = faktor penyesuaian (*adjustment factor*) untuk batuan yang diledakkan

AF2 = faktor penyesuaian (*adjustment factor*) untuk bahan peledak yang dipakai

B = burden

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

Dstd = bobot isi batuan standar (160 lb/ft³)

De = diameter lubang tembak (inchi)

Kb = *burden ratio*

Kbstd= *burden ratio* standar (30)

SG = berat jenis bahan peledak yang dipakai

SGstd= berat jenis bahan peledak standar (1,20)

Ve = VOD bahan peledak yang dipakai

Vestd= VOD bahan peledak standar (12.000 ft/s)

2) *Spacing*

Spacing adalah jarak antar lubang tembak dirangkai dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap bidang bebas.

Spacing yang lebih kecil dari ketentuan akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Tetapi jika *spacing* lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkah (*boulder*) dan tonjolan (*stump*) diantara dua lubang tembak setelah peledakan. Adapun mencari *Spacing* ialah (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi):

$$S = K_s \times B$$

Keterangan:

K_s = *Spacing ratio* (1,0 – 2,0)

B = *Burden* (m)

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

- Peledakan serentak, $S = 2 B$
- Peledakan dengan millisecond delay, S antara $1 B$ hingga $2 B$
- Jika terdapat kekar yang saling tidak tegak lurus, S antara $1,2 B - 1,8 B$
- Peledakan dengan pola equilateral dan beruntun tiap lubang tembak dalam baris yang sama, $S = 1,15 B$

3) *Stemming*

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

Untuk menghitung panjang *stemming* perlu ditentukan dulu *stemming ratio* (K_t), yaitu perbandingan panjang *stemming* dengan *burden*. Biasanya K_t standar yang dipakai 0,70 dan ini cukup untuk mengontrol *airblast*, *flyrock* dan *stress balance*. Apabila $K_t < 1$ maka akan terjadi. Untuk menghitung *stemming* dipakai persamaan (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi) :

$$T = K_t \times B$$

Keterangan:

T = *stemming* (m)

K_t = *stemming ratio* (0,7 sampai 1)

B = *burden* (m)

4) *Subdrilling*

Subdrilling merupakan kelebihan panjang lubang ledak pada bagian bawah lantai jenjang. Subdrilling dimaksudkan agar jenjang terbongkar tepat pada batas lantai jenjang sehingga didapat lantai jenjang yang rata setelah peledakan. Adapun menghitung *Subdrilling*, ialah (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi):

$$J = K_j \times B$$

Keterangan:

J = *subdrilling* (m)

K_j = *subdrilling ratio* (rata-rata 0,2 dan minimum 0,4)

B = *burden* (m)

5) Kedalaman Lubang Ledak

Kedalaman lubang ledak merupakan penjumlahan dari panjang *stemming* dengan panjang kolom isian (PC) bahan peledak.

Kedalaman lubang ledak biasanya disesuaikan dengan tingkat produksi (kapasitas alat muat) dan pertimbangan geoteknik. Menurut R.L. Ash, kedalaman lubang ledak berdasarkan pada *hole depth ratio* (K_h) yang harganya berkisar antara 1,5 – 4,0. Adapun untuk mencari H, ialah (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi):

$$H = K_h \times B$$

Keterangan:

H = Kedalaman Lubang Ledak

K_h = *Hole Dept Ratio* (1,5 -4,0)

B = *Burden*

6) Panjang Kolom Isian

Panjang kolom isian merupakan hasil pengurangan dari kedalaman lubang ledak dengan panjang *stemming*. Adapun untuk mencari PC, ialah (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi):

$$PC = H - T$$

Keterangan:

PC = panjang kolom isian (m)

H = kedalaman lubang ledak (m)

T = *stemming* (m)

b. Teori C.J Konya

Peledakan merupakan salah satu tahapan penambangan bahan galian yang bertujuan untuk memberai atau melepaskan batuan dari batuan induknya. Beberapa parameter dalam geometri peledakan yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu kegiatan peledakan diantaranya adalah diameter lubang ledak, tinggi jenjang (L), *burden* (B), *spacing* (S), *powder column length* atau panjang kolom isian (PC), *subdrilling* (J), kedalaman lubang ledak (H), dan *stemming* (T). (Konya, 1990)

1) *Burden*

Burden adalah jarak tegak lurus antara lubang ledak dengan bidang bebas yang panjangnya tergantung pada karakteristik batuan. *Burden* diturunkan berdasarkan diameter lubang ledak

atau diameter mata bor, jenis batuan, dan jenis bahan peledak yang digunakan. Nilai *burden* dapat ditentukan menggunakan persamaan (Konya, 1990 dalam Muhammad Totos):

$$B = 3,15 D_e \left(\frac{SG_e}{SG_r} \right)^{0,33}$$

Keterangan:

B = *burden* (m)

SG_e = berat jenis bahan peledak

SG_r = berat jenis batuan

D_e = diameter lubang ledak (inci)

2) *Spacing*

Spacing merupakan jarak terdekat antara dua lubang tembak yang berdekatan dalam satu baris. Nilai *spacing* dapat ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan dalam setiap baris, yaitu serentak dan berurutan menggunakan persamaan (Konya, 1990 dalam Muhammad Totos):

Serentak dalam setiap baris lubang ledak (*instantaneous single-row blastholes*):

$$L < 4B \rightarrow S = (L + 2B)/3$$

$$L > 4B \rightarrow S = 2B$$

Berurutan dalam setiap baris lubang ledak (*sequenced single-row blastholes*):

$$L < 4B \rightarrow S = (L + 7B)/8$$

$$L > 4B \rightarrow S = 1,4B$$

Keterangan:

S = *spacing* (ft atau m)

L = tinggi jenjang (ft atau m)

B = *burden* (ft atau m)

3) *Stemming*

Stemming adalah lubang ledak bagian atas yang tidak diisi bahan peledak, tetapi diisi oleh material lain seperti pecahan hasil pengeboran atau material berukuran kerikil dan dipadatkan di atas bahan peledak. Fungsi *stemming* adalah mengurung gas-gas hasil ledakan untuk dapat menekan kekuatan atau energi dari bahan peledak supaya terdistribusi secara merata kedalam batuan. Dua hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *stemming* adalah panjang kolom *stemming* dan ukuran material *stemming*. Nilai panjang kolom *stemming* dapat ditentukan menggunakan persamaan (Konya, 1990 dalam Muhammad Totos):

$$T = 0,7 \times B$$

Keterangan:

B = *burden* (m)

4) *Subdrilling*

Subdrilling adalah lubang ledak yang dibor melebihi batas lantai jenjang bagian bawah. Tujuannya adalah supaya batuan dapat meledak secara *fullface* untuk menghindari kemungkinan

terjadinya tonjolan-tonjolan (*toe*) pada lantai jenjang bagian bawah. Nilai dari *subdrilling* dapat ditentukan menggunakan persamaan (Konya, 1990 dalam Muhammad Totos):

$$SD = K_s \times B$$

Keterangan:

SD = *subdrilling* (m)

K_s = antara 0,3 sampai 0.5

B = *burden* (m)

5) Panjang Kolom isian

Panjang kolom isian merupakan bagian dari lubang ledak yang diisi dengan bahan peledak. Nilai dari panjang kolom isian dapat ditentukan menggunakan persamaan (Konya, 1990 dalam Muhammad Totos):

$$PC = H - T$$

Keterangan:

PC = panjang kolom isian (m)

H = kedalaman lubang ledak (m)

T = *stemming* (m)

3. Bahan Peledak

Bahan peledak adalah suatu rakitan yang terdiri dari bahan – bahan berbentuk padat, atau cair, atau campuran keduanya, yang apabila terkena suatu aksi seperti panas, benturan, gesekan, dan sebagainya akan bereaksi

dengan kecepatan tinggi, membentuk gas dan menimbulkan efek panas serta tekanan yang sangat tinggi.

Sifat-sifat bahan peledak yang mempengaruhi hasil peledakan antara lain:

a. Kekuatan (*Strength*)

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

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

b. Kecepatan Detonasi (*Velocity of Detonation*)

Kecepatan detonasi merupakan kecepatan gelombang detonasi yang melalui sepanjang kolom isian bahan peledak, yang dinyatakan dalam meter/ detik. Kecepatan detonasi suatu bahan peledak tergantung pada beberapa faktor, yaitu bobot isi bahan peledak, diameter bahan peledak, derajat pengurangan, ukuran partikel dari bahan penyusunnya dan bahan – bahan yang terkandung dalam bahan peledak.

c. Kepekaan (*Sensitivity*)

Kepekaan adalah ukuran besarnya sifat peka bahan peledak mulai dari beraksi sampai pada bereaksi ke seluruh isian. Jika diameter bahan peledak cukup besar, maka perambatan reaksinya akan lebih mudah karena permukaan bahan peledak yang lebih luas, sedangkan tingkat pengurangan cenderung memusatkan tenaga reaksinya mengarah sepanjang isian dan menghindari penyebaran tenaga reaksi.

d. Bobot Isi Bahan Peledak

Bobot isi bahan peledak merupakan perbandingan antara berat dan volume bahan peledak, yang dinyatakan dalam gr/cm^3 . Bobot isi dinyatakan dalam beberapa cara, yaitu: Berat Jenis (SG), *Stick Count (SC)*, dan *Loading Density (de)*.

e. Tekanan Detonasi

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

f. Ketahanan Terhadap Air (*Water Resistant*)

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

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

g. Sifat Gas Beracun (*Fumes*)

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

h. Pengisian Bahan Peledak

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat mempengaruhi terhadap dampak dari peledakan nantinya seperti hasil fragmentasi dari batuan yang diledakkan, getaran yang ditimbulkan, terjadinya *airblast* hingga *flyrock* peledakan. Hal yang berpengaruh dalam pengisian bahan peledak adalah :

1) Tinggi Kolom Isian pada Lubang Ledak (PC)

Tinggi isian pada lubang ledak merupakan kedalaman total dari lubang ledak, dikurangi dengan panjang *stemming*.

2) Berat Bahan Peledak dalam Lubang Ledak (E)

Berat bahan peledak dalam lubang ledak merupakan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu kolom isian. Untuk menghitung berat bahan peledak dalam satu lubang ledak (*loading density*) bisa digunakan rumusan (RL Ash 1967 dalam Sunaryadi):

$$E = PC \times de$$

Keterangan:

E : Jumlah bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

De : *Loading density* dari bahan peledak yang digunakan (Kg/m)

PC : Panjang kolom isian pada lubang ledak (m)

Sedangkan nilai *loading density* dapat dicari dengan menggunakan persamaan(RL Ash 1967 dalam Sunaryadi) :

$$de = 0,508 d^2 (SG)$$

Keterangan:

De : *Loading density*

D : Diameter lubang ledak

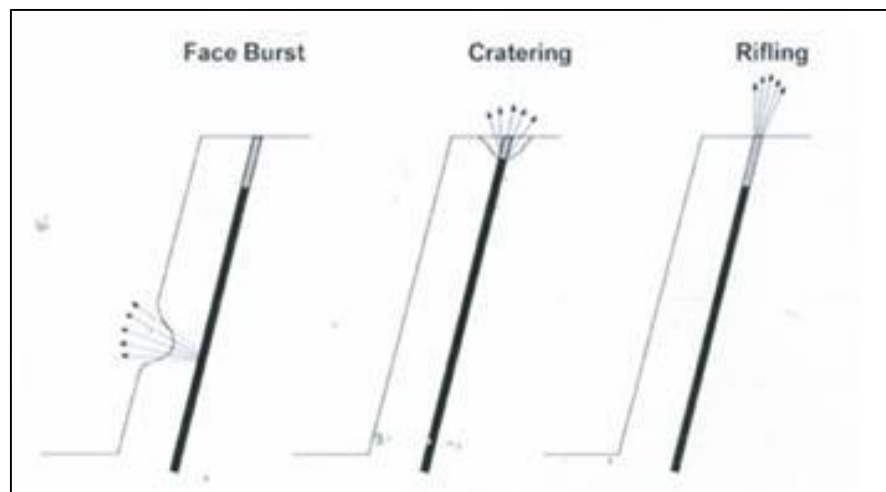
SG : Berat jenis bahan peledak yang digunakan

4. *Flyrock* Peledakan

Flyrocks adalah suatu keadaan dimana terjadi miss dikarenakan adanya masalah pada saat peledakan terjadi, dan juga dimungkinkan terjadi karena lubang bor yang dangkal atau kelebihan emulsi yang jelas berdampak terjadinya *flyrock*.

a. Mekanisme Terjadinya *Flyrock*

Terjadinya *flyrock* yang berlebihan dari kegiatan peledakan bisa dibagi dalam 3 mekanisme keterjadiannya, dimana bisa karena kondisi kurang nya keterkurungan energi dalam kolom ledak, selain itu dapat terjadi juga jika perbandingan *burden* dengan diameter lubang terlalu kecil, atau adanya zona lemah dibagian *freeface*. Adapun mekanisme terjadinya *flyrock* dapat dilihat pada gambar 3:



Sumber: Terrock Golden Pike Flyrock Modelling 2005

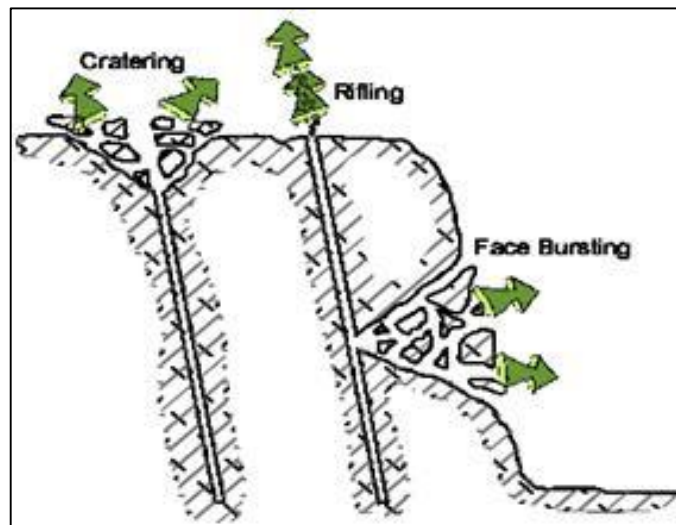
Gambar 3. Mekanisme Terjadinya *Flyrock*

Beberapa mekanisme terjadinya *flyrock*, diantaranya:

- 1) **Faceburst** : Penentuan *burden* sangat berpengaruh terhadap seberapa jauh *flyrock* di bagian *face*.

- 2) **Cratering** : Jika rasio panjang *stemming* terlalu kecil terhadap diameter lubang, atau karena adanya zona batuan lemah di bagian collar, pada mekanisme ini batu terbang bisa ke berbagai arah.
- 3) **Rifling** : Jika panjang *stemming* sudah memadai dan tidak terjadi crater, maka fenomena ini akan muncul ketika terjadi lemparan *flyrock* ke arah atas yang tinggi, kemudian adanya material ejection dari batuan *stemming* atau material lepas dibagian collar, dimana hal ini sebagian besar karena adanya panjang kolom *stemming* yang tidak pas atau jenis/ukuran material *stemming* yang tidak tepat.

Pada mekanisme terjadinya *flyrock* karena adanya *Rifling* potensi lemparan lebih ke arah atas, sementara pada fenomena *faceburst* dan crater arah lemparan bisa terjadi pada sudut lebih rendah sehingga memungkinkan arah lemparan cukup jauh dan berdampak sangat berbahaya, sehingga perlu menjadi perhatian lebih adalah sedemikian rupa kita harus bisa mengidentifikasi akan kemungkinan terjadi fenomena *faceburst* dan *cratering*. Adapun arah lemparan *flyrock* dapat dilihat pada gambar 4:



Sumber: Forum Blaster Indonesia, Google

Gambar 4. Potensi Arah Lemparan *Flyrock*

b. Pengendalian *Flyrock*

1) Pengendalian *Faceburst*

Pengendalian *faceburst* ditujukan untuk peledakan yang mengarah ke arah *freeface*. Adapun contoh *faceburst* dapat dilihat pada gambar 5, ialah:



Sumber: Foru Blaster Indonesia , Google

Gambar 5. Contoh *Faceburst* Peledakan

Beberapa cara untuk mengendalikan dampak *Faceburst*, antara lain:

a) Proses *prepare* lokasi

- (1) Jika memungkinkan untuk dilakukan *choke blasting* adalah alternatif terbaik, dengan jarak material *choke* setidaknya 2 x *burden* dari rencana titik terluar dibagian sisi *face*.
- (2) Saat tidak bisa dilakukan *choke blasting*, maka pastikan lebih dulu dibagian *face* bersih dari material lepas baik kecil atau besar hingga ke bagian *toe* dari *face*.
- (3) Setelah bersih identifikasi ada tidaknya zona lapisan batuan lemah di bagian *face*, atau penipisan *burden* terutama di bagian kolom *charge*, dan dikoordinasikan dengan Pengawas Peledakan.
- (4) Ketika bagian *face* tidak bisa di *clean* karena kondisi batuan dan lainnya maka segera diinformasikan ke Pengawas agar menjadi perhatian saat proses *charging*.

b) Proses desain pola pemboran dan pemasangan titik bor

- (1) Pada batuan lunak buat pola sedemikian rupa agar titik pada *row* pertama ditempatkan pada jarak sama dengan atau lebih dari 1x *burden*.
- (2) Pada batuan keras ketika bentuk *face* tidak rata maka usahakan posisi *row* terdepan tidak kurang dari 1/2 *burden*.

- (3) Penambahan titik pemboran “*satelit*” atau “*extra*” harus persetujuan Superintendent.

c) Proses Pemboran

- (1) Pada proses pemboran pastikan bahwa sudut pemboran adalah 90° jika tidak bisa presisi maka orientasi kan arah bor menjauhi *face* dengan toleransi kemiringan hanya 3° maks depth 10 m (deviasi bottom 0,5 m).
- (2) Pada zona transisi lunak ke keras, lakukan record tambahan dengan menuliskan keterangan kedalaman lapisan lunak dan kerasnya.
- (3) Identifikasi dengan detail dan laporkan jika diindikasikan adanya zona batuan lemah di tengah atau dibagian bawah kepada pengawas peledakan.
- (4) Pengawas peledakan harus melakukan crosscheck kondisi kekerasan material batuan dari kondisi *cutting* material dan data log bor, untuk perencanaan pengisian bahan peledak.

d) Proses desain pola ledak dan *charging* sheet

- (1) Buat desain ledak dengan arah lemparan menjauhi areal kritis.
- (2) *Plan charging* merunut kepada data log bor terkait kondisi kekerasan pada batuan, perlapisan lunak atau

keras dan ada tidaknya *choke* material di *face*, sehingga jumlah *charging* di setiap lubang akan berbeda.

- (3) Pada batuan lunak gunakan *plan* isian dengan SdoB 1,8 up, sedangkan pada batuan keras perlu dikaji lebih lanjut.
- (4) Ketika ada bagian lunak di bagian *face* maka hindari posisi primer dan kolom bahan peledak pada bagian tersebut.
- (5) Ketika tidak ada *choke* material di bagian *face* maka gunakan formula bahan peledak total emulsion pada 2 row paling dekat dengan *face*.

e) Proses *charging* dan *stemming*

- (1) Pada kondisi-kondisi tertentu berdasarkan kondisi dilapangan maka pengawas peledakan boleh mengurangi (menambah tidak boleh) jumlah isian dengan tetap dikoordinasikan kepada *Drill & Blast engineer*.
- (2) Kondisi-kondisi yang dimaksud antara lain adanya lapisan lunak disebagian atau seluruh kolom ledak dan kedalaman lubang berkurang dari data marking akibat runtuh material.
- (3) Pengawas peledakan harus memastikan bahwa *stemming* kolom sesuai dengan *plan charging*

- (4) Pengawas peledakan harus memastikan tidak terjadinya *over charge*, ketika terjadi maka harus dilakukan penganganan dengan cara mengambil main *charge* dari kolom ledak menggunakan paralon khusus.
- (5) Pengawas peledakan harus memastikan proses *stemming* menggunakan agregat khusus dan proses *tamping* benar-benar dilakukan.

f) *Monitoring*

- (1) Lakukan pengecekan material *cutting* dari pemboran oleh pengawas peledakan terkait perlapisan batuan dalam lubang bor.
- (2) Identifikasi secara detail adanya zona-zona lemah dan *face* yang terlalu tipis apabila diindikasikan berpotensi terjadinya *faceburst*.
- (3) Monitoring proses *charging* dan *stemming* agar sesuai dengan *plan* merupakan kunci utama agar kegiatan bisa berhasil.
- (4) Pantau kembali apabila ada kolom *stemming* yang melorot dan lakukan *stemming* kembali untuk memperbaiki.
- (5) Pantau dan dokumentasikan proses kegiatan penembakan terkait ada tidaknya proses *heave* berlebih atau lemparan yang terlalu jauh.

2) Pengendalian *Cratering*

Flyrock dari *cratering* biasanya diakibatkan, antara lain:

- a) Kolom *charge* yang berlebih
- b) Adanya lapisan lunak dibagian *collar*

Langkah pengendalian agar meminimalisir terjadinya *cratering* adalah dengan beberapa langkah pengendalian *faceburst* diatas, dan perlu lebih perhatian lebih lagi terhadap:

- a) Lakukan kemiringan pemboran presisi tegak lurus dengan toleransi 3°
- b) Memastikan kolom jumlah isian dengan menggunakan meteran telah sesuai dengan *plan charging* (tidak terjadi *overcharge*) dan berhati-hati pada zona batuan lunak (dimana kadang lubang melebar/menyempit) atau berongga ketika jumlah isian sudah sesuai *plan* pada panel kontrol MMU namun kolom *stemming* tidak sesuai, bila ada kondisi ini segera laporkan ke pengawas peledakan.
- c) Ketika terjadi kasus di point b, maka pengawas harus memastikan :
 - (1) Apabila lubang berongga atau melebar pastikan apakah primer sudah nyangkut di kolom bahan peledak atau tidak, jika belum lakukan pengisian ulang dengan cara memasukkan primer kedalam kondom sebanyak 3kg.

- (2) Apabila lubang menyempit dan kolom *stemming* lebih pendek dari *plan*, maka sebagian material isian utama harus dikurangi dengan cara penimbaan dengan paralon hingga kolom *stemming* sesuai.
- (3) Memastikan kondisi perlapisan kekerasan batuan pada kolom ledak berdasarkan data log bor, sehingga primer dan isian utama berada pada zona keras.
- (4) Pada batuan lunak (*soil*) dan dangkal (kurang dari *burden*) maka pengisian lubang harus menggunakan liner dan isian tidak lebih dari 3 kg.

3) Pengendalian *Rifling*

Batu terbang akibat adanya *rifling* diakibatkan adanya *unconfine stemming*, atau *burden* yang terlalu besar atau energi bahan peledak terlalu kecil.

Pengendalian agar tidak terjadi *rifling* bisa dengan beberapa hal berikut:

- a) Pengawas peledakan memastikan kolom *stemming* sesuai *plan* dengan menggunakan meteran.
- b) Lakukan *stemming* dengan material agregat khusus dan tidak boleh dengan *cutting* bor dan di *tamping*.
- c) Pastikan oleh pengawas bahwa kegiatan *stemming* telah dilakukan dengan benar dan material yang sesuai.

- d) *Cleaning* bagian *collar* dari batuan lepas yang berukuran besar ($> 1/2$ dia lubang) untuk mengantisipasi terjadinya dampak buruk apabila terjadi *rifling*.

c. Analisis Jarak Lemparan *Flyrock*

Ada beberapa metode dan teori yang dikemukakan oleh para ahli untuk menentukan jarak lemparan *flyrock*, diantaranya:

1) Teori Adrian J. Moore & Alan B. Richard (2005)

Menurut pengujian yang dilakukan Adrian J. Moore & Alan B. Richard (2005), faktor yang mempengaruhi *flyrock* diantaranya:

(a) *Faceburst*

Terjadi saat jarak *burden* pada baris depan peledakan di lapangan yang terkadang terlalu dekat dapat menyebabkan potensi *flyrock*. Adapun *Faceburst* dapat dilihat pada persamaan (Adrian J. Moore & Alan B. Richard 2005):

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{B} \right)^{2.6}$$

Keterangan:

L : Lemparan maksimal (m)

k : Konstanta untuk OB

g : Percepatan gravitasi (9.8 m/s²)

m : Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)

B : *Burden* awal (m)

(b) *Cratering*

Terjadi saat tinggi *stemming* yang terlalu pendek serta terdapatnya bidang lemah pada lubang ledak. Bidang lemah tersebut biasanya merupakan material broken dari hasil peledakan sebelumnya. Dikarenakan kondisi tersebut maka *flyrock* dapat terlempar kesegala arah dari lubang ledak yang diinisiasi. Adapun *Cratering* dapat dilihat pada persamaan (Adrian J. Moore & Alan B. Richard 2005):

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2.6}$$

Keterangan:

L : Lemparan maksimal (m)

k : Konstanta untuk OB

g : Percepatan gravitasi (9.8 m/s²)

m : Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)

SH : *Stemming* height (m)

(c) *Rifling*

Terjadi saat *stemming* sudah sesuai untuk mencegah *flyrock* secara *cratering* namun material *stemming* yang digunakan kurang baik. *Flyrock* yang disebabkan lebih cenderung dari kemiringan lubang ledak karena jika lubang ledak tegak, *flyrock* diasumsikan akan kembali pada titik semula. Adapun *Rifling* dapat dilihat pada persamaan (Adrian J. Moore & Alan B. Richard 2005):

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH} \right)^{2.6} \sin \theta$$

Keterangan:

L : Lemparan maksimal (m)

k : Konstanta untuk OB

g : Percepatan gravitasi (9.8 m/s²)

m : Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)

SH : *Stemming* height (m)

θ : Kemiringan lubang ledak

2) Teori Ebrahim Ghasemi (2012)

Ebrahim Ghasemi (2012) membuat persamaan untuk memprediksi jarak *flyrock* dengan menggunakan metode analisis dimensi berdasarkan parameter peledakan yang dapat dikontrol. Adapun *flyrock* dapat dilihat pada persamaan (Ghasemi 2012):

$$Fd = 0.999 (B^{-1.336} S^{1.201} St^{-2.196} H^{0.347} D^{-0.201} (P/Q)^{-0.171})$$

Keterangan:

Fd : *Flyrock* Distance

B : *Burden*

S : *Spasi*

St : *Stemming*

H : Kedalaman lubang ledak

D : diameter lubang ledak

P : Powder Factor

Q : Rata –rata isian per lubang ledak

5. Fragmentasi Kuz-Ram

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

Ukuran rata-rata Fragmentasi hasil peledakan, dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan Kuznetsov (1973), yaitu sebagai berikut:

Rumus :

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

Dimana :

Xbar = Rata-rata Fragmentasi hasil peledakan (cm)

A = Faktor batuan (*Rock Factor*)

V = Volume batuan dalam m³ per lubang

Q = Jumlah bahan peledak tiap lubang (kg)

E = *Relative Weight Srength* bahan Peledak, untuk ANFO = 80

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkahan pada hasil peledakan digunakan rumus Index Keseragaman (n) dan karakteristik ukuran (Xc), dengan persamaan sebagai berikut:

Rumus :

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

Dimana :

B = Burden (m)

S = Spasi (m)

De = Handak Perlubang (kg)

W = Nisbah $\frac{\text{Spasi}}{\text{Burden}}$ (m)

PC = Panjang Isian (m)

L = Tinggi Jenjang (m)

Tabel 1. Pembobotan Massa Batuan Untuk Peledakan

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

(Sumber: Tri Atmojo Sunaryadi, 2011)

Karakteristik Ukuran (Xc) sebagai berikut:

Rumus :

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

Dimana :

$\bar{x}$ = *Fragmentasi* Rata-rata

n = Index Keseragaman

Distribusi bongkahan (Rx)

$$Rx = e^{-\left[\frac{\text{Saringan(cm)}}{Xc}\right]^n} \times 100\%$$

Dimana :

Xc = Karakteristik Ukuran

n = *Fragmentasi* Rata-rata

C. Penelitian yang Relevan

1. Kajian Radius Aman Alat Gali Muat Terhadap *Flyrock* Peledakan Pada Pit 4500 Blok 12 PT Trubaindo Coal Mining Kutai Barat Kalimantan Timur

Penelitian ini dilakukan oleh Arief Usman, dkk pada tahun 2015. Penelitian ini dilakukan karena lokasi peledakan yang semakin dekat dengan radius jarak aman alat yaitu sekitar 200 meter. Hal ini dapat menimbulkan bahaya apabila lemparan *flyrock* mencapai jarak tersebut. Untuk itu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui radius aman letak alat agar terhindar dari dampak *flyrock* peledakan. Penelitian ini dilakukan dengan menghitung lemparan *flyrock* terjauh

dari lokasi peledakan baik secara teoritis maupun aktual di lapangan dengan menggunakan teori Adrian j Moore dan Alan B Richard. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa jarak lemparan aktual di lapangan ialah 277,18 meter untuk lubang ledak basah dan 96,96 meter untuk lubang ledak kering. Untuk itu, dilakukan pendekatan untuk mendapatkan rekomendasi isian menggunakan teori skala pengisian dari Livingston. Dari hasil rekomendasi yang dilakukan dapat diketahui jarak lemparan terjauh pada saat *trial* ialah 80,7 meter sehingga pada jarak 200 meter masih dalam radius aman.

2. Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan *Overburden* Penambangan Batubara

Penelitian ini dilakukan oleh Havis Abdurrachman, dkk pada tahun 2015. Permasalahan yang ada ialah pit yang mulai menyempit dan lokasi peledakan yang cukup banyak dan menyebar sehingga berpengaruh terhadap radius aman alat. Untuk itu, dilakukan penelitian dilakukan dengan mengukur jarak lemparan maksimum *flyrock* secara aktual di lapangan. Pengamatan dilakukan terhadap 30 kali peledakan. Penentuan perkiraan jarak lemparan *flyrock* menggunakan metode empirik dan metode analisis dimensi. Untuk analisis dimensi dilakukan *trial* penentuan radius aman yang sesuai, untuk mengetahui apakah radius aman saat ini sudah sesuai atau dapat dikurangi.

3. **Technical Note On The Prediction and Control of *Flyrock* During Rock Blasting**

Penelitian ini dilakukan oleh G.R Tripathy and I.D. Gupta. Penelitian ini mengkaji dampak *flyrock* yang merupakan salah satu efek utama yang tidak diinginkan dari peledakan, karena itu adalah penyebab utama kecelakaan fatal dan cedera serius. Penelitian ini menyajikan tinjauan singkat tentang berbagai penyebab *flyrock*, metode untuk memprediksi jarak maksimum *flyrock* dan langkah-langkah yang akan dilakukan untuk pengendalian efektifnya saat peledakan.

4. **Flyrock – Detection and Mitigation at Constructiojn Site in Blasting Operation**

Penelitian ini dilakukan oleh A. K. Mishra and M. Rout pada tahun 2011. Penelitian ini menjelaskan bahwa pada proses peledakan terdapat beberapa aspek yang dapat menimbulkan bahaya dan kecelakaan, antara lain *flyrock*, kurangnya keamanan area peledakan, *premature blast* dan *misfire*. Adapun *flyrock* ialah hal yang cukup berbahaya, yaitu bila lemparan material hasil peledakan ini melewati batas aman atau mengenai alat dan lingkungan sekitar. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan kajian tentang hal yang menyebabkan adanya *flyrock*, dampak yang ditimbulkan serta tindakan yang harus dilakukan untuk mengontrol bahaya tersebut. Yang mana, hal ini akan berkaitan dengan rancangan yang akan digunakan dalam peledakan.

5. Flyrock Prediction by Multiple Regression Analysis in Esfordi Phosphate Mine of Iran

Penelitian ini dilakukan oleh A. Aghajani-Bazzazi and M. Osanloo & Y. Azimi pada tahun 2010. Penelitian ini mengkaji dampak *flyrock* yang dapat menyebabkan kematian pekerja dan lingkungan sekitar. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap jarak *flyrock* yang ditimbulkan oleh 15 peledakan pada Esfordi Phosphate Mine berdasarkan desain peledakan yang digunakan. Adapun hasilnya ialah untuk memprediksi jarak *flyrock* dan mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh peledakan pada Esfordi Phosphate Mine.

6. Prediction and Controlling of Flyrock in Blasting Operation Using Artificial Neural Network

Penelitian ini dilakukan oleh M. Monjezi, dkk pada tahun 2009. Penelitian ini mengkaji tentang bahaya dan dampak yang ditimbulkan oleh adanya *flyrock* akibat peledakan. Untuk itu pada penelitian ini dilakukan sebuah percobaan untuk memprediksi dan mengontrol *flyrock* pada operasi peledakan di Sangan Iron Mine, Iran. Parameter yang digunakan berupa sifat-sifat batuan dan desain peledakan dengan metode *Artificial Neural Network (ANN)*.

7. Prediction of Flyrock Trajectories for Forensic Applications Using Ballistic Flight Equations

Penelitian ini untuk menentukan lemparan maksimum *flyrock* dan estimasi jarak aman. Metode ini didasarkan pada formulasi dan solusi

persamaan diferensial dari potongan-potongan *flyrock*. Persamaan diformulasikan sesuai dengan hukum gerak Newton. Dua solusi yang mungkin disajikan, solusi numerik perkiraan dan penerapan algoritma Runge – Kutta.

8. Evaluation and Prediction of *Flyrock* Resulting from Blasting Operations Using Empirical and Computational Methods

Penelitian ini dilakukan oleh D. Jahed Armaghani, dkk pada tahun 2015. Penelitian ini mengkaji salah satu dampak dari penambangan, yaitu berupa *flyrock* dari kegiatan peledakan. Yang mana *flyrock* ini dapat membahayakan lingkungan dan kecelakaan pada manusia. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk memprediksi jarak aman peledakan. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada 5 tambang granit di Malaysia. Adapun parameter yang digunakan berupa *maximum charge per delay* dan *powder factor*. Parameter tersebut akan diolah menggunakan metode empiris, *artificial neural network (ANN)* dan *adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS)* untuk memprediksi jarak *flyrock* sehingga didapatkan jarak aman peledakan.

9. Evaluation of *flyrock* phenomenon due to *blasting* operation by support vector machine

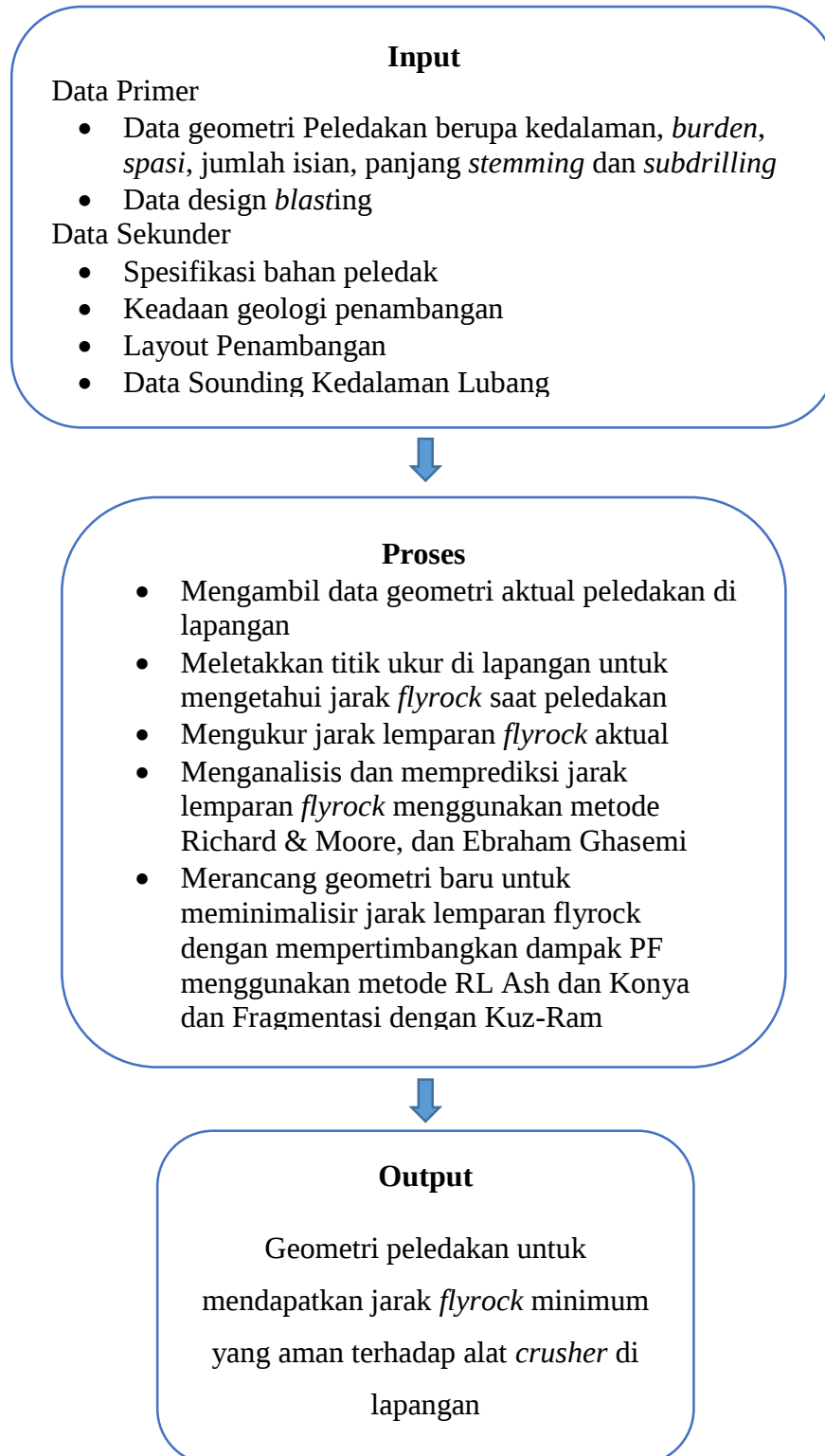
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak *flyrock* peledakan dengan menggunakan SVM (support vector machine) dengan membandingkan hasilnya dengan metode prediksi *flyrock* empirik yang dikemukakan oleh Richard and Moore dan Lundborg yang telah ada.

10. A Novel Approach for Blast-Induced Flyrock Prediction Based on Imperialist Competitive Algorithm and Artificial Neural Network

Penelitian ini dilakukan oleh Aminaton, dkk pada tahun 2014. Penelitian ini juga mengkaji tentang *flyrock* sebagai salah satu dampak peledakan yang dapat menyebabkan kerusakan bagi daerah sekitar. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengamatan untuk memprediksi jarak lemparan *flyrock* dan menentukan desain peledakan yang tepat untuk mengurangi potensi resiko yang dapat ditimbulkan. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan dari metode *imperialist competitive algorithm (ICA)* dan *Artificial Neural Network (ANN)*. Parameter yang digunakan berupa maksimal isian perdelay dan *powder factor*. Pengambilan data dilakukan pada 113 kegiatan peledakan untuk mengetahui jarak *flyrock* dari tiap-tiap kegiatan peledakan. Yang mana data yang didapat dari hasil pengamatan akan dibandingkan menggunakan metode ICA dan ANN untuk memprediksi jarak aman peledakan.

D. Kerangka Konseptual

Adapun kerangka konseptual penelitian ini dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Dari teori **Adrian J. Moore & Alan B. Richard (2005)** dan teori **Ebrahim Ghasemi (2012)** yang mendekati data flyrock aktual yang bisa dijadikan patokan untuk rancangan flyrock nantinya yaitu teori **Adrian J. Moore & Alan B. Richard (2005)** dengan perbedaan angka rata-rata yaitu 5 meter.
2. Perhitungan rancangan dengan teori **Adrian J. Moore & Alan B. Richard (2005)** menggunakan acuan data bulan Januari dengan geometri berbeda didapatkan 9 rancangan dan 2 rancangan lagi berasal dari RL Ash dan CJ Konya.
3. Untuk panjang *flyrock* didapatkan kesimpulan dari data bahwa semakin panjang *burden* awal maka semakin panjang *faceburst* dan apabila semakin pendek *stemming* maka semakin panjang *cratering*.
4. Nilai panjang *burden*, *stemming* dan PF yang didapat dari Geometri RL ash dan CJ Konya yaitu 1,9 m, 1,43 m dan 0,542 untuk RL ash sedangkan untuk CJ Konya yaitu 2,2 m, 1,70 m dan 0,414.
5. Nilai *burden*, jumlah anfo dan *stemming* yang disarankan dilihat dari PF yaitu 3m, 10kg, dan 2,75 m untuk mendapatkan nilai *flyrock* berupa *faceburst* sebesar 5,71 m, nilai *cratering* sebesar 7,20 m, nilai *rifling* sebesar 7,20 m juga dikarenakan sudut yang tegak lurus dan nilai PF

sebesar 0,202. Dan dilihat dari fragmentasi disarankan untuk memakai rancangan dari CJ Konya.

6. Dampak fragmentasi yang ditimbulkan dari 11 rancangan kurang bagus dengan melihat target perusahaan dengan saringan 30cm yang lolos berkisar 34% - 49%.
7. Jumlah anfo dan rasio antara *burden* dengan *spasi* memiliki pengaruh terhadap *flyrock* dan *fragmentasi* yang ditimbulkan.

B. Saran

1. Adanya penelitian lanjutan yang menerapkan rancangan di lapangan agar terlihat kekurangan dari data rancangan yang diolah dan dapat digunakan untuk rancangan kedepannya
2. Diharapkan adanya pengukuran lebih mendetail terhadap panjang *burden* awal yang berada di depan *freeface* dikarenakan tidak meratanya keadaan *freeface* yang dapat berpengaruh terhadap *faceburst*.
3. Diharapkan adanya pengukuran ulang kedalaman lubang ledak setelah pemboran untuk mengetahui hasil kedalaman aslinya yang berguna sebagai acuan panjang *stemming*.
4. Adanya pengawasan terhadap pekerja saat pengisian bahan peledak dan pemadatan *stemming* untuk meminimalisir *human error*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghajani-Bazzazi, A., Osanloo, M., & Azimi, Y. (2009, September). *Flyrock prediction by multiple regression analysis in Esfordi phosphate mine of Iran. In Proceedings of the 9th international symposium on rock fragmentation by blasting. Granada, Spain* (pp. 649-57).
- Anonim.(2017). Flyrock Handling. Akses Internet:
<https://blasterindoforum.wordpress.com>
- Anonim. (2019). Data-Data Laporan dan Arsip Perusahaan CV Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat.
- Armansyah, M., HAK, A., & Asyik, M. (2014). Modifikasi Geometri Peledakan Dalam Upaya Mencapai Target Produksi 80.000 Ton/Bulan dan Mendapatkan Fragmentasi yang Diinginkan Pada Tambang Granit PT Kawasan Dinamika Harmonitama Kabupaten Karimun Kepulauan Riau. *Jurnal. Palembang: UNSRI*.
- Bajpayee T.S, Harry C, Thomas E.lobb (2002). An Analysis and Prevention of Flyrock Accidents in Surface Blasting Operations. Akses Internet :
<https://www.cdc.gov>
- Cahyadi, M. I., & Yulhendra, D. (2019). Evaluasi Rancangan Geometri Peledakan Berdasarkan Hasil Fragmentasi Batuan dan Getaran Tanah Pada PT. Koto Alam Sejahtera Kabupaten Lima Puluh Kota Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(1), 140-152.
- Ghasemi, E., Sari, M., & Ataei, M. (2012). Development of an empirical model for predicting the effects of controllable blasting parameters on *flyrock* distance in surface mines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 52, 163-170.
- Havis, A., Singgih, S., & Bagus, W. (2015, October). Analisis *Flyrock* Untuk Mengurangi Radius Aman Alat Pada Peledakan *Overburden* Penambangan Batubara. In Proceeding, Seminar Nasional Kebumian Ke-8 Academia-Industry Linkage 15-16 Oktober 2015; Grha Sabha Pramana. Departmen Teknik Geologi.
- Konya, C. J., & Walter, E. J. (1991). *Rock Blasting And Overbreak Control* (No. FHWA-HI-92-001; NHI-13211). United States. Federal Highway Administration. Jimeno, C.L. (1995). "*Drilling And Blasting Of Rocks*". A. A. Balkema: Brookfield: Rotterdam.ko