

## **SKRIPSI**

# **PENGARUH PENGATURAN *STEMMING* DAN *POWDER FACTOR (PF)* TERHADAP LEMPARAN BATUAN HASIL PELEDAKAN (*FLYROCK*) DI PT. KAYAN PUTRA UTAMA COAL MALINAU, KABUPATEN MALINAU, KALIMANTAN UTARA**

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta



Oleh:

**WIWIK SONIATI**  
**NIM. 710018125**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN S1**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**  
**2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PENGATURANSTEMMINGDAN *POWDER FACTOR (PF)* TERHADAP LEMPARAN BATUAN HASIL PELEDAKAN(*FLYROCK*)DI PT. KAYAN PUTRA UTAMA COAL MALINAU, KABUPATEN MALINAU, KALIMANTAN UTARA**

Oleh:

**WIWIK SONIATI**  
NIM. 710018125



Disetujui untuk  
Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknologi Mineral  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Pembimbing I

(Ir. Ag. Isjudarto, M.T.)  
NIK : 1973 0068

Pembimbing II

(Erry Sumarjono, S.T., M.T.)  
NIK : 1973 0254

## LEMBAR PENGESAHAN

### **PENGARUH PENGATURAN *STEMMING* DAN *POWDER FACTOR (PF)* TERHADAP LEMPARAN BATUAN HASIL PELEDAKAN (*FLYROCK*) DI PT. KAYAN PUTRA UTAMA COAL MALINAU, KABUPATEN MALINAU, KALIMANTAN UTARA**

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji  
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

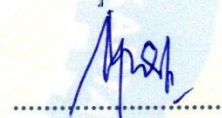
Pada Tanggal, 27 Juni 2023  
Oleh: Wiwik Soniati / 710018125  
Diterima Guna Memenuhi Persyaratan Gelar Sarjana Teknik

Susunan Tim Penguji :

Ir. Ag. Isjudarto, M.T.  
Ketua Tim Penguji

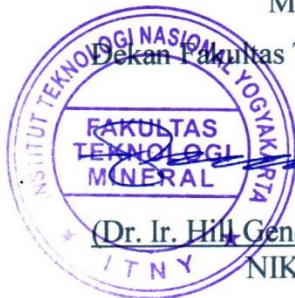
Erry Sumarjono, S.T., M.T  
Anggota Tim Penguji

Dr. Ir. R. Andy Erwin Wijaya, S.T., M.T.  
Anggota Tim Penguji



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Mineral



(Dr. Ir. Hil Gendoet Hartono, S.T., M.T.)  
NIK : 1973 0066

Menyetujui

Ketua Program Studi Teknik Pertambangan

(Bayu Rohman Pangadella Putra, S.T., M.T)  
NIK : 1973 0296

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Allhamdulillah Segala Puji Bagi Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, kekuatan, kesabaran dan kemudahan serta kesehatan kepada saya. Sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini yang penuh tantangan dengan hasil yang baik.

**Terima kasih diri saya sendiri karena telah berani dan kuat sehingga dapat sampai pada titik ini.**

Karya ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua saya **Bapak Welvison dan Ibu Warti** yang tanpa lelah dengan penuh kasih sayang memanjatkan doa yang luar biasa untuk putri sulung serta memberikan dukungan baik moral dan materil. Terimakasih atas pengorbanan dan kerja keras dalam mendidik saya.

Adik-adikku:

**Ulfatin Nazhirah**

**Wanda**

Serta seluruh keluarga besar **Kakek Burhan & Sebai, Kong Dikin & Nenek** serta orang terdekatku angkatan 18 Mining Rofngen, Warga Tambang, Adinda Putri N, Pasukan Griya Adem 5, Pasukan Office Perumnas, Pasukan Holly, KIK, Kitchen Mie and Yu, yang sampai saat ini terus memberikan semangat dan motivasi hingga terselesaikannya Skripsi yang sederhana ini. Manusia dengan NIM 410018052 saya ucapkan terima kasih.

**Bapak Ir. Ag. Isjudarto, M.T.**

**Bapak Erry Sumarjono, S.T., M.T.**

**Bapak Dr. Ir. R. Andy Erwin Wijaya, S.T., M.T.**

Selaku dosen pembimbing dan penguji Skripsi saya, terima kasih banyak Bapak sudah membantu selama ini, sudah menasehati, sudah memberi ilmu, dan mengarahkan saya hingga Skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan.

**Bapak Adji Zafar, S.T., Bapak Firdaus, Bapak Ramli Idrus, Bapak Ardi**

Serta Seluruh Staf dan Karyawan PT. Kayan Putra Utama Coal. Karena telah memberikan saya ilmu dan pelajaran serta menerima saya dengan baik selama di PT. Kayan Putra Utama Coal.

Terima kasih kepada orang-orang yang telah datang dan pergi dari perjalanan kehidupan saya, mereka memiliki peran masing-masing di setiap proses sehingga saya sampai dititik penyusunan skripsi ini, bukan karena besar ataupun kecilnya peran mereka tetapi sesungguhnya dampak yang mereka berikan telah membawa pelajaran yang membuat saya sampai pada tahap ini.

## SARI

PT. Kayan Putra Utama Coal (PT. KPUC) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara, yang terletak di Paya Seturan Kecamatan Malinau Selatan Kabupaten Malinau Provinsi Kalimantan Utara, dengan system penambangan terbuka (*surface mining*). Kegiatan penambangan batubara terdiri dari pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan. Salah satu kegiatan pembongkaran di tambang terbuka adalah pengupasan lapisan penutup (*overburden*) dengan proses pemberaian menggunakan metode pemboran dan peledakan. Peledakan adalah kegiatan pemberaian material menggunakan bahan peledak. Salah satu efek terhadap lingkungan dari kegiatan peledakan yaitu adanya batu terbang (*flyrock*). Penelitian ini dilakukan dengan mengukur jarak lemparan maksimum *flyrock* secara aktual di lapangan dan menghitung lemparan maksimum secara teoritis. Pengamatan dilakukan sebanyak 12 kali dan didapatkan faktor yang mempengaruhi lemparan *flyrock* adalah *powder factor* dengan koefisien korelasi ( $r$ ) = 0.837 artinya lemparan maksimum batuan memiliki korelasi positif dan nilai yang kuat dengan *powder factor*. Sedangkan ( $R^2$ ) = 0.7369 atau 73.69% adalah besarnya pengaruh naik turunnya nilai *powder factor* terhadap lemparan *flyrock* maksimum, sedangkan 26.31% disebabkan oleh faktor lain. Pengaruh pengaturan *stemming* terhadap lemparan *flyrock* memiliki faktor selain tinggi *stemming* hal ini dibuktikan dengan jarak lemparan dengan tinggi *stemming* setinggi 4.11 m menyebabkan terjadinya lemparan *flyrock* sejauh 219 m dan dengan tinggi *stemming* 3.68 m menyebabkan lemparan *flyrock* sejauh 198.17 m. Dan pengaruh pengaturan *powder factor* terhadap *flyrock* mendapatkan perubahan yang searah dimana semakin besar *flyrock* maka menyebabkan lemparan *flyrock* yang semakin jauh, dimana dengan penggunaan *powder factor* 0.17 kg/m<sup>3</sup> menyebabkan *flyrock* sejauh 58.59 m dan dengan penggunaan *powder factor* 0.20 kg/m<sup>3</sup> menyebabkan *flyrock* sejauh 219 m dan persen kenaikan *stemming* dan penggunaan *powder factor* sebesar 27 % dan 17.65% dengan persen penurunan -21% dan 15%. Dengan melakukan perhitungan prediksi jarak lemparan *flyrock* maksimum dengan teori Ebrahim Ghasemi dan teori Richard & Moore (*Cratering*), didapatkan hasil bahwa teori Richard & Moore memiliki kesalahan relative paling kecil yaitu 1.97% dan penyimpangan sebesar 4.33 m dengan kesalahan teori Ebrahim Ghasemi sebesar 8.57 % dengan penyimpangan 43.54 m. Sehingga rumus yang selanjutnya dipakai untuk menghitung prediksi jarak lemparan *flyrock* maksimum adalah teori Richard & Moore rumus (*Cratering*).

**Kata Kunci:** peledakan, *stemming*, *powder factor*, *flyrock*

## ABSTRACT

*PT. Kayan Putra Utama Coal (PT. KPUC) is a company engaged in coal mining, located in Paya Seturan, South Malinau District, Malinau Regency, North Kalimantan Province, with an open pit mining system (surface mining). Coal mining activities consist of unloading, loading, and transporting. One of the demolition activities in open pit mines is the stripping of overburdens (overburdern) with a feeding process using drilling and blasting methods. Blasting is the activity of removing material using explosives. One of the effects on the environment of blasting activities is the presence of flying stones (flyrock). This study was conducted by measuring the actual maximum throw distance of the flyrock in the field and calculating the maximum throw theoretically. Observations were made 12 times and it was found that the factor that influenced flyrock throw was powder factor with correlation coefficient ( $r$ ) = 0.837 meaning that the maximum throw of rock has a positive correlation and a strong value with powder factor. While ( $R^2$ ) = 0.7369 or 73.69% is the magnitude of the influence of the rise and fall of the powder factor value on the maximum flyrock throw, while 26.31% is caused by other factors. The effect of stemming settings on flyrock throws has factors other than stemming height, this is evidenced by the throwing distance with a stemming height of 4.11 m causing a flyrock throw as far as 219 m and with a stemming height of 3.68 m causing a flyrock throw as far as 198.17 m. And the effect of powder factor regulation on flyrock gets a unidirectional change where the bigger the flyrock causes the flyrock throw to be farther, where with the use of powder factor 0.17 kg / m<sup>3</sup> causes flyrock as far as 58.59 m and with the use of powder factor 0.20 kg / m<sup>3</sup> causes flyrock as far as 219 m stemming and powder factor use by 27% and 17.65% with percent decreases of -21% and 15%. By calculating the prediction of the maximum flyrock throw distance with the theory of Ebrahim Ghasemi and the theory of Richard & Moore (Cratering), it was found that the theory of Richard & Moore had the smallest relative error of 1.97% and a deviation of 4.33 m with the error of the theory of Ebrahim Ghasemi of 8.57% with a deviation of 43.54 m. So the formula that is then used to calculate the prediction of the maximum flyrock throw distance is the Richard & Moore formula theory (Cratering).*

**Keywords:** *blasting, stemming, powder factor, flyrock*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, karena atas pertolongan dan petunjuk-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan lancar. Skripsi ini berjudul **“Pengaruh Pengaturan *Stemming* dan *Powder Factor* Terhadap Lemparan Batuan Hasil Peledakan (*Flyrock*) di PT. Kayan Putra Utama Coal, Kabupaten Malinau, Kalimantan Utara”**. Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

Selesainya penelitian dan penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak yang secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Setyo Pambudi, M.T, Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Hill Gendoet Hartono, S.T, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Bayurohman Pangacella Putra S.T., M.T, Selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Bapak Ir. A. Isjudarto, M.T, Selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Erry Sumarjono, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Dr. Ir. R. Andy Erwin Wijaya, S.T., M.T, Selaku Dosen Penguji.
7. Bapak Mudjiarto, S.T, Selaku Kepala Teknik Tambang PT. Kayan Putra Utama Coal Malinau Mine Coal Project.
8. Bapak Radian radiaskoro, S.T, Selaku Manager Departement Planing and Survey PT. Kayan Putra Utama Coal Malinau Mine Coal Project.
9. Bapak Adji Zafar, Bapak Ramli Idrus dan Bapak Firdaus Selaku Pembimbing Lapangan.

10. Seluruh Staf dan Karyawan PT. Kayan Putra Utama Coal.
11. Kepada seluruh Dosen Program Studi Teknik Pertambangan Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah memberi ilmu selama saya menempuh bangku kuliah.
12. Semua pihak yang telah membantu selama penyusunan Skripsi ini berlangsung.

Akhirnya, semoga Skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pada umumnya, dan khususnya ilmu pertambangan. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi setiap orang yang membacanya.

Yogyakarta, Juli 2023

(Wiwik Soniati)



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>SARI .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Metode Penelitian .....	2
1.6 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN UMUM .....</b>	<b>6</b>
2.1 Deskripsi Perusahaan.....	6
2.1.1 Profil Perusahaan .....	6
2.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penambangan .....	6
2.2.1 Lokasi.....	6
2.2.2 Kesampaian Daerah penambangan .....	6
2.3 Keadaan Geologi .....	7

2.3.1 Geomorfologi .....	7
2.3.2 Stratigrafi Regional .....	9
2.3.3 Struktur Regional .....	10
2.4 Metode dan Tahap Penambangan .....	11
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>14</b>
3.1 Pola Pengeboran .....	14
3.2 Geometri Peledakan dan Pola Peledakan .....	15
3.2.1 Geometri Peledakan .....	15
3.2.2 Pola Peledakan .....	15
3.3 <i>Stemming, Powder Factor</i> dan <i>Flyrock</i> .....	16
3.3.1 <i>Stemming</i> .....	16
3.3.1 <i>Powder Factor</i> .....	17
3.3.3 <i>Flyrock</i> .....	18
3.4 Perhitungan Prediksi Lemparan Maksimum <i>Flyrock</i> .....	20
3.4.1 Prediksi Lemparan Maksimum Menurut Ebrahim Ghasemi .....	20
3.4.2 Prediksi Lemparan Maksimum <i>Flyrock</i> Menurut Richard and Moore .....	21
3.5 Analisis Statistik .....	23
3.5.1 Analisis Statistik Deskriptif .....	23
3.5.2 Analisis Regresi .....	24
3.6 Koefisien Korelasi .....	25
3.7 Koefisien Determinasi .....	26
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Operasi Peledakan .....	27
4.1.1 Geometri Peledakan .....	27
4.1.2 Metode Peledakan .....	27
4.1.3 Kegiatan Peledakan .....	27
4.2 Pengambilan Data .....	34

4.2.1 Pengukuran Data Geometri Aktual.....	34
4.4.2 Data <i>Flyrock</i> Aktual.....	35
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
5.1 Analisis <i>Stemming</i> dan <i>Powder Factor</i> Yang Mempengaruhi <i>Flyrock</i> .....	38
5.1.1 Tinggi <i>Stemming</i> .....	38
5.1.2 <i>Powder factor</i> .....	39
5.2 Pengaruh Pengaturan <i>Stemming</i> dan <i>Powder Factor</i> Terhadap <i>Flyrock</i> .....	41
5.3 Analisis Lemparan Maksimum Secara Teoritis dan Aktual .....	42
5.3.1 Perhitungan Standar Deviasi dan Persen <i>Error</i> .....	42
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>45</b>
6.1 Kesimpulan .....	45
6.2 Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>46</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian .....	4
Gambar 2. 1 Peta Kesampaian Daerah PT. Kayan Putra Utama Coal.....	7
Gambar 2. 2 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian .....	9
Gambar 2. 3 Stratigafi Regional Lembar Malinau, Kalimantan .....	10
Gambar 2. 4 Kegiatan Pemuatan Overburden.....	12
Gambar 3. 1 Jenis Pola Pemboran (Koesnaryo, s., 1998).....	14
Gambar 3. 2 Geometri Peledakan .....	15
Gambar 3. 3 Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan .....	16
Gambar 3. 4 Jarak Toe Burden yang terlalu pendek (Bhadari, 1997).....	18
Gambar 3. 5 Stemming Yang Tidak Sesuai (Bhadari, 1997).....	19
Gambar 3. 6 Pengaruh Waktu Tunda (Bhadari, 1997).....	20
Gambar 3. 7 Tiga Mekanisme Terjadinya Flyrock .....	21
Gambar 4. 1 Kegiatan Prepare Lokasi Peledakan .....	28
Gambar 4. 2 Penitikan Lubang Ledak.....	29
Gambar 4. 3 Kegiatan Pemboran .....	30
Gambar 4. 4 Sounding Lubang Ledak .....	30
Gambar 4. 5 Dynamit dan In Hole Delay .....	31
Gambar 4. 6 Charging Bahan Peledak .....	32
Gambar 4. 7 Pengisian Stemming.....	32
Gambar 4. 8 Surface Delay .....	33
Gambar 4. 9 Blasting Machine .....	34
Gambar 4. 10 GPS .....	36
Gambar 4. 11 Flyrock .....	37
Gambar 5. 1 Grafik Korelasi Stemming dan Flyrock .....	38
Gambar 5. 2 Grafik Korelasi Powder Factor dan Flyrock .....	40
Gambar 5. 3 Standar Deviasi Prediksi dengan Lemparan Aktula Maksimum ....	43

Gambar A. 1 Snatel Pulsar .....	48
Gambar A. 2 Excel™ Milisecond Detonators .....	49
Gambar A. 3 Exel™ Connectadet™ .....	50
Gambar A. 4 Blasting Machine.....	51
Gambar A. 5 Blasting Ohm Meter – Kobla XR-III .....	52
Gambar B. 1 Atlas Copco DM5 .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 3. 1 Nilai Koefisien Korelasi (Ronald E Walpole, 1993) .....	25
Tabel 4. 1 Geometri Peledakan dan Jarak <i>Flyrock</i> Terjauh .....	35
Tabel 4. 2 <i>Flyrock</i> Aktual Setiap Peledakan .....	36
Tabel 5. 1 Persen pengaruh pengaturan .....	41
Tabel 5. 2 Lemparan Secara Teoritis dan Aktual .....	42
Tabel 5. 3 Persen Error Lemparan Maksimum Teoritis .....	43
Tabel A. 1 Technical Propertis Fortis .....	49
Tabel A. 2 Technical Properties Senatel™ Pulsar™ .....	50
Tabel A. 3 Technical Properties Excel™ Milisecond Detonators .....	51
Tabel A. 4 Technical Properties Exel™ Connectadet™ .....	52
Tabel B. 1 Technical Data DM45 .....	56
Tabel C. 1 Data Pengukuran Lemparan Maksimum Flyrock Aktual .....	56
Tabel D. 1 Nilai Parameter Flyrock Rumus Ebrahim Ghasemi .....	57
Tabel D. 2 Pendekatan Parameter Dimensional Flyrock .....	58
Tabel D. 3 Pendekatan Parameter Dimensional Flyrock .....	58
Tabel D. 4 Perhitungan Konstantan .....	65
Tabel E. 1 Perhitungan Standar Deviasi Teori Ebrahim Ghasemi .....	67
Tabel E. 2 Perhitungan Standar Deviasi Cratering .....	67
Tabel F. 1 Perhitungan Standar Deviasi Teori Ebrahim Ghasemi .....	69
Tabel F. 2 Perhitungan Persen Error Cratering .....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Spesifikasi Bahan Peledak Dan Peralatan Peledakan .....	48
B Spesifikasi Alat Bor.....	54
C Pengukuran Lemparan Aktual Flyrock .....	56
D Perhitungan Jarak Flyrock Teori .....	57
E Perhitungan Standar Deviasi.....	67
F Perhitungan Persen Error .....	69
G Sertifikat Pelaksanaan Tugas Akhir .....	70

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Batubara adalah sumberdaya alam yang memiliki manfaat bagi kehidupan manusia seperti tenaga pembangkit listrik, produk gas, dan manfaat lainnya. Batubara terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang mengalami proses dekomposisi atau penguraian oleh 2 tahap yaitu tahap biokimia pada tahap ini terjadi perubahan kadar air, oksidasi dan tumbuhan mengalami pembusukan yang akhirnya membentuk peat atau gambut dan membentuk lignit. Tahap geokimia pada tahap ini gambut perlahan menjadi fosil dan terus mengalami tekanan dan pemanasan proses ini membentuk sedimentasi organik dan menghasilkan bituminus, pada proses waktu yang lebih lama dapat menghasilkan antrasit. PT. Kayan Putra Utama Coal merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara.

Dalam melakukan aktivitas penambangannya PT. Kayan Putra Utama Coal menggunakan system tambang terbuka (*surface mining*). Kegiatan penambangan batubara terdiri dari pembongkaran, pemuatan, dan pengangkutan. Salah satu kegiatan pembongkaran di tambang terbuka adalah pengupasan lapisan penutup (*overburden*) dengan proses pemberaian menggunakan metode pemboran dan peledakan. Peledakan adalah kegiatan pemberaian material menggunakan bahan peledak. Salah satu efek terhadap lingkungan dari kegiatan peledakan yaitu adanya batu terbang (*flyrock*). *Flyrock* adalah fragmentasi batuan yang terlempar akibat kegiatan peledakan. Fragmentasi hasil peledakan yang terlempar diluar dari batas aman dapat merusak alat mekanis, cidera bahkan kematian pada manusia sehingga keberadaanya perlu diperhatikan. Terjadinya *flyrock* yang berlebihan dari kegiatan peledakan dimana bisa karena berlebihan isian bahan peledak per lubang dan mengakibatkan kurangnya tinggi *stemming* dalam lubang ledak serta kurang tepat isian material *stemming*, penggunaan *powder factor* yang kurang sesuai dengan



keadaan di lapangan. PT. Kayan Putra Utama Coal menetapkan jarak aman untuk alat sejauh 300 meter dan manusia sejauh 500 meter.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang penyusun teliti adalah faktor apa yang mempengaruhi lemparan maksimum *flyrock* antara *stemming* dan *powder factor*, bagaimana pengaruh pengaturan *stemming* dan *powder factor* terhadap lemparan maksimum *flyrock*, bagaimana perbandingan antara lemparan maksimum *flyrock* secara aktual dan secara teoritis.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebatas membahas pengaruh pengaturan *stemming* dan *powder factor* terhadap *flyrock* dan faktor apa yang mempengaruhi *flyrock* antara *stemming* dan *powder factor*, lalu bagaimana perbandingan lemparan aktual *flyrock* dan prediksi *flyrock* di area Pit. Seturan PT. Kayan Putra Utama Coal.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penulisan ini adalah:

1. Analisis faktor yang mempengaruhi lemparan maksimum *flyrock* antara *stemming* dan *powder factor*.
2. Analisis bagaimana pengaruh pengaturan *stemming* dan *powder factor* terhadap lemparan maksimum *flyrock*.
3. Analisis perbandingan antara lemparan maksimum *flyrock* aktual dan prediksi.

## **1.5 Metode Penelitian**

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara studi literatur dengan data di lapangan sehingga dari keduanya di dapatkan pendekatan penyelesaian masalah. Adapun tahapan metode yang digunakan pada pengambilan data pada penelitian ini adalah:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan topik penelitian yang dilakukan berupa buku literatur, laporan penelitian terdahulu dan jurnal-jurnal terbaru.

## 2. Observasi Lapangan

Melakukan pengamatan secara langsung di lapangan dan menentukan titik dan batas lokasi pengamatan agar penelitian tidak meluas serta mencari data-data pendukung.

## 3. Pengambilan Data

### a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari hasil pengamatan dan wawancara di lapangan. Adapun data yang didapatkan saat penelitian meliputi :

- Geometri peledakan aktual meliputi, kedalaman lubang ledak, *burden*, *spasi*, rangkaian yang digunakan
- Lemparan maksimum *flyrock* actual

### b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung yaitu mengutip dari data yang sudah ada. Adapun data yang didapatkan saat penelitian meliputi :

- *Drilling & blasting design*
- Jenis bahan peledak yang digunakan
- Peta IUP PT. Kayan Putra Utama Coal
- *Charging sheet* yaitu berupa data peledakan setiap lokasi peledakan berupa data penggunaan *powder factor*, isian perlubang

## 4. Pengolahan dan Analisa Data

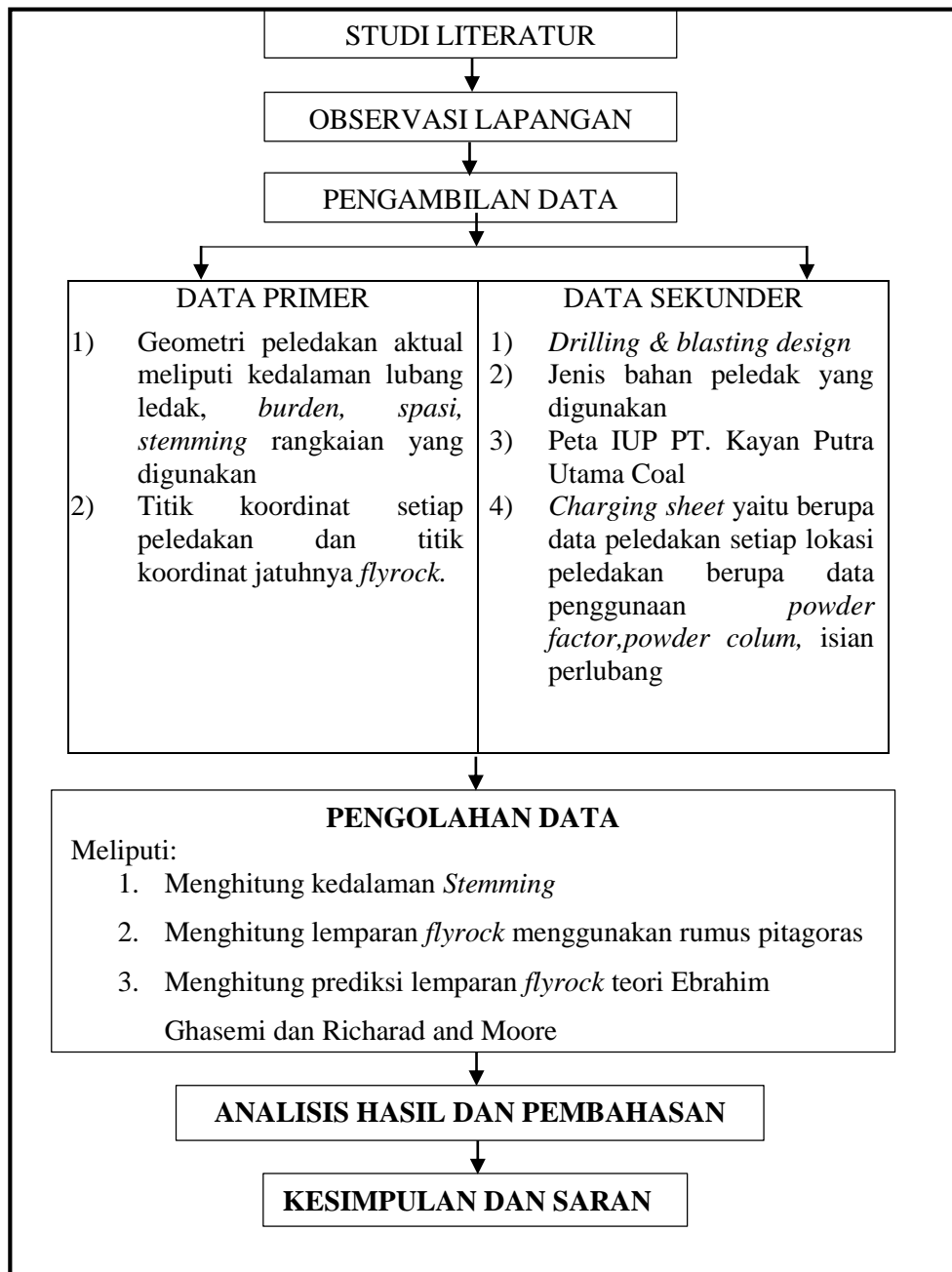
Data yang telah terkumpul baik dari studi literatur maupun dari pengambilan data di lapangan akan divalidasi terlebih dahulu. Data-data tersebut kemudian diolah dan di analisis untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu terhadap data :

- Hasil pengukuran *stemming* peledakan secara aktual dan pengukuran jarak lemparan *flyrock* dengan GPS.

- Perhitungan perkiraan lemparan maksimum *flyrock* menurut (Ebrahim Ghasemi, 2012 dan Richard and Moore, 2005).

5. Kesimpulan dan Saran

Bertujuan untuk menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan dan memberikan rekomendasi akhir dari penelitian.



Gambar 1.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian

## **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah:

1. Menjadi parameter masukan penggunaan *powder factor* untuk meminimalisirkan lemparan *flyrock*.
2. Sebagai bahan referensi akademis bagi yang melaksanakan penelitian lebih lanjut berkaitan dengan lemparan *flyrock*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN UMUM**

#### **2.1 Deskripsi Perusahaan**

##### **2.1.1 Profil Perusahaan**

Sejarah PT. Kayan Putra Utama Coal didirikan hampir lebih dari 13 tahun yang lalu yang bergerak di bidang pertambangan batubara dan mempekerjakan lebih dari 1110 karyawan. Salah satu pertambangan batubara milik PT. Kayan Putra Utama Coal adalah *jobsite* Malinau.

#### **2.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penambangan**

##### **2.2.1 Lokasi**

Secara administratif IUP PT. Kayan Putra Utama Coal (*Site Malinau*) terletak pada daerah Malinau, Kecamatan Malinau Selatan, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara. Untuk keseluruhan lingkup kegiatan dari lokasi pit tambang, jalan pengangkutan batubara dan stockpile/pelabuhan termasuk di dalam 5 kecamatan, yaitu :

1. Kecamatan Malinau Selatan
2. Kecamatan Malinau Selatan Hulu
3. Kecamatan Malinau Selatan Hilir
4. Kecamatan Malinau Barat
5. Kecamatan manlinau Kota

##### **2.2.2 Kesampaian Daerah penambangan**

Untuk sampai pada lokasi penelitian dapat ditempuh dengan jalur transportasi darat, laut dan udara sebagai berikut:

1. Yogyakarta-Balikpapan

Dapat ditempuh dengan menggunakan alat transportasi udara dari *Yogyakarta International Airport* (YIA) menuju Bandar Udara Sepinggan Balikpapan dengan lama penerbangan 1 jam 30 menit.

2. Balikpapan-Tarakan

Dapat ditempuh menggunakan alat transportasi udara dari Bandar Udara

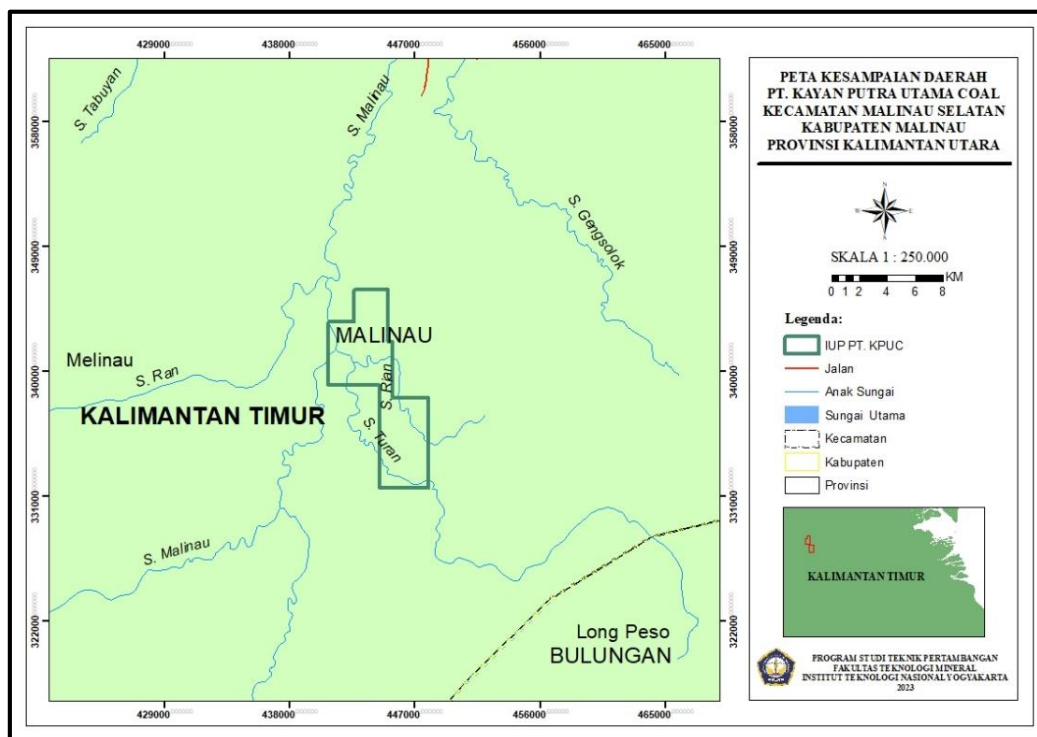
Sepingga Balikpapan menuju Bandara International Juwata Tarakan

### 3. Tarakan-Malinau Kota

Dari Tarakan menuju Malinau kota dapat ditempuh menggunakan jalur udara. Selain itu dapat ditempuh menggunakan speed boad dari Pelabuhan Mulundung Tarakan menyebrang laut menuju muara Sungai Sesayap hingga ke dermaga Pelabuhan Malinau Kota, perjalanan dapat ditempuh dalam waktu  $\pm 3$  jam.

### 4. Malinau kota-Camp Sidi PT. Kayan Putra Utama Coal

Dari malinau kota sampai Camp Sidi dapat ditempuh lewat jalan darat dengan kendaraan beroda empat atau roda dua dengan lama perjalanan  $\pm 2$  jam.



Gambar 2. 1 Peta Kesampaian Daerah PT. Kayan Putra Utama Coal

## 2.3 Keadaan Geologi

### 2.3.1 Geomorfologi

Berdasarkan interpretasi pada peta geologi lembar Malinau skala 1:250.000 (1995) geomorfologi daerah Malinau dan sekitarnya dapat dibagi atas dua satuan morfologi sebagai berikut:

## 1. Satuan Morfologi Dataran

Satuan morfologi dataran merupakan daerah dataran alluvium yang mendominasi daerah Malinau pada ketinggian berkisar 15 – 25 m diatas muka laut. Sungai utama adalah Sungai Sesayap yang mengalir dari arah timur ke barat dengan anak-anak sungai yang bermuara daerah pegunungan di daerah timur. Sesayap berbentuk meander lebih ke arah timur menuju laut di selat Makasar. Proses meandering sungai Sesayap ini akibat dari kondisi batuan pada satuan alluvium yang berupa lumpur, lanau, pasir, kerikik, sampai kerakal, bersifat lepas. Bentuk sungai Sesayap ini berbentuk ‘U’ yang menandakan stadia sunga ini stadia dewasa sampai stadia tua.

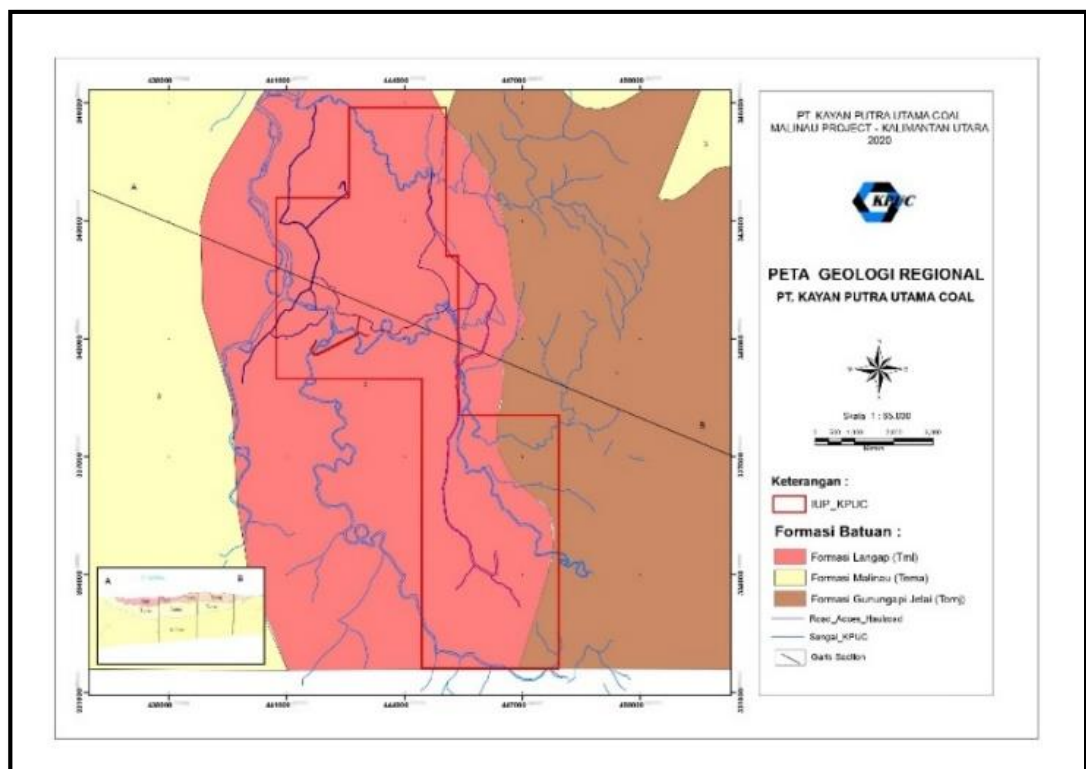
## 2. Satuan Morfologi Perbukitan Rendah-Tinggi

Satuan morfologi perbukitan rendah-tinggi ini mendominasi daerah bagian timur dari kota Malinau dan membentang dari utara ke selatan. Pada satuan morfologi ini merupakan hutan belukar membentuk tapal kuda mengelilingi kota Malinau. Satuan morfologi berkisar antara 500 – 100 m diatas muka laut dengan kemiringan lereng berkisar anatar 10 – 150 dengan batuan penyusunnya terdiri dari konglomerat, batu-pasir, batu lempeng dan batu gamping terumbu. Satuan morfologi perbukitan tinggi umumnya menempati daerah bagian barat dengan elevasi berkisar antara 100-200 m diatas muka laut dengan kemiringan lereng 20-250 dengan batuan penyusunnya terdiri dari batu pasir, batu lempung, serpih, dan setempat breksi dan konglomerat. Secara stratigafi umur batuan pada satuan morfologi perbukitan tinggi lebih tua (kapur akhir – Paloesen) dari pada satuan batuan pada satuan morfologi perbukitan rendah (umur Eosen Tengah Sampai dengan Eosen Akhir). Pola pelarian sungai (drainage pattern) berupa pola aliran dendritik berbentuk meyerupai cabang-cabang pohon yang mencerminkan kekerasan batuan yang sama atau soil seragam dengan lampiran batuan sedang horizontal atau miring landau serta control struktur tidka begitu tampak jelas. Pola aliran sungai dendritic ini mengalir dari abgian puncak perbukitan dengan arah lembah sungai yang tidak teratur dan mengalir menuju ke arah sungai induk yaitu sungai sesayap.

Lokasi IUP Eksplorasi PT. Kayan Putra Utama Coal berada di bagian timur laut Pulau Kalimantan tepatnya di Kabupaten Malinau yang termasuk kedalam Tinggian Kuching yang merupakan satuan morfologi hutan belukar dan satuan morfologi perbukitan tinggi.

### 2.3.2 Stratigrafi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Regional dan pengamatan di lapangan daerah penelitian termasuk dalam Formasi Malinau (Tema), Formasi Gunungapi Jelai (Tomj) dan Formasi Langap (Tml).



(Sumber: PT. Kayan Putra Utama Coal)  
Gambar 2. 2 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

#### 1. Formasi Malinau (Tema)

Terdiri dari batu pasir, felsparan, lempungan dan mikan, warna kelabu kehijauan berbutir sedang sampai kasar, terpilah buruk, tebal lapisan 20-50 cm, setempat beberapa meter, berselingan dengan batu lanau lempungan atau argilit,



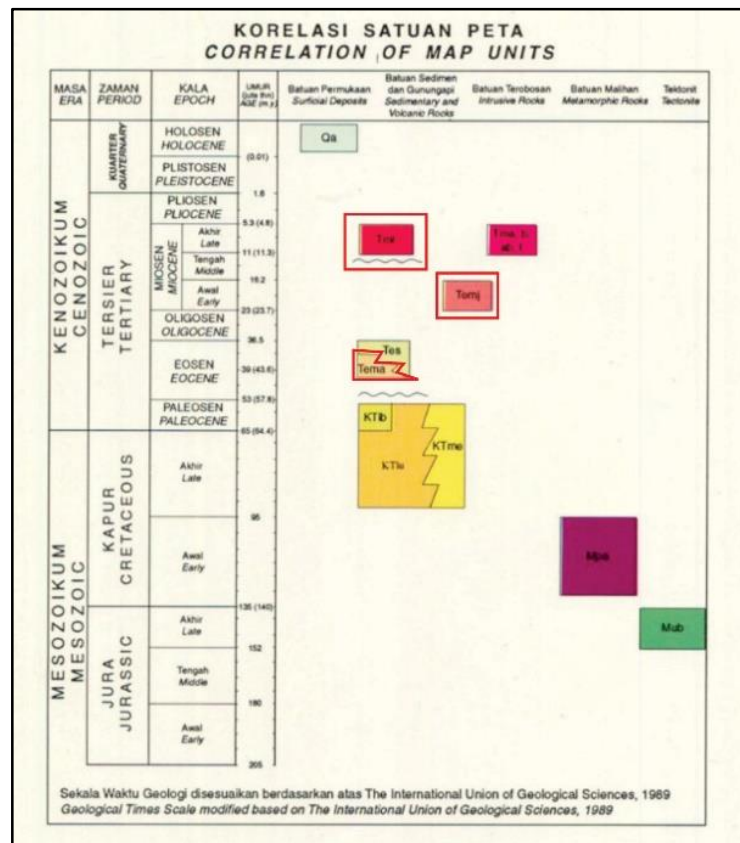
warna kelabu tua-hitam, mikan dan gamping. Umur Eosen Tengah, diendapkan dalam lingkungan laut dangkal.

### 2. Formasi Gunungapi Jelai (Tomj)

Terdiri dari breksi vulkanik, tuf, breksi lava. Leleran lava bersusun basalt-andisitan.

### 3. Formasi Langap (Tml)

Terdiri dari tuf putih, kapuran, konglomerat, komponen sekitar 80% dan 90% berupa batu pasir lempungan dan kwarsa susu, matriks batu pasir kasar, menampakkan struktur silang-siur, mengandung beberapa lapisan tebal batubara berumur Miosen Akhir



(Sumber : Heryanto, R., dkk. 1995)

Gambar 2. 3 Stratigafi Regional Lembar Malinau, Kalimantan

### 2.3.3 Struktur Regional

Struktur geologi yang terdapat di Lembar Malinau adalah, sinklin, antiklin, sesar normal, sesar mendatar dan sesar naik. Dari beberapa penyelidikan terdahulu menyebutkan bahwa di daerah penelitian telah mengalami beberapa kegiatan

tektonik dimulai sejak Paleosen yang menghasilkan perlipatan yang sangat kuat pada batuan sedimen Kelompok Embaluh. Perlipatan tersebut memperlihatkan arah sumbu hamper utara-selatan yang diikuti oleh sesar naik yang searah dengan sumbu lipatan dan sesar mendatar mengiri (sinistral) dengan ultrabasa terhadap batuan Kelompok Embaluh.

#### **2.4 Metode dan Tahap Penambangan**

Kegiatan penambangan yang dilakukan perusahaan PT. Kayan Putra Utama Coal khususnya Pit Seturan adalah tambang terbuka (*open pit mining*) untuk kegiatan *loading overburden* PT. Kayan Putra Utama Coal unit *excavator (backhoe)* sedangkan untuk kegiatan pengangkutan *overburden* dari *loading point* ke *waste dump* digunakan unit *Off Highway Dump Truck* Catterpillar 777E dan Caterpillar 773. Sebelum melakukan kegiatan penambangan, terlebih dahulu dilakukan kegiatan persiapan penambangan yaitu:

1. Pembersihan Lahan (*Land Clearing*)

Pada kegiatan *land clearing* ini bertujuan untuk membersihkan semak-semak, pohon-pohon yang berukuran tinggi dan menyingkirkan material yang dapat menghambat proses kegiatan penambangan yang akan dilakukannya. Pekerjaan untuk *land clearing* ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan arah kemajuan penambangan yang telah direncanakan dan mengikuti prosedur yang ditetapkan. Alat yang digunakan untuk *land clearing* adalah *bulldozer* dan *excavator*.

2. Pengupasan *Top Soil*

Setelah lahan dibersihkan, kegiatan berikutnya adalah pengupasan *top soil* atau lapisan tanah penutup. Lapisan ini merupakan lapisan tanah yang masih subur dan dapat digunakan kembali untuk kegiatan reklamasi. Tanah penutup atau *top soil* dikupas menggunakan *bulldozer*. Tanah pucuk yang telah dikupas dan ditimbun di *bank top soil* dibiarkan tanpa adanya penanganan tambahan hingga *top soil* dapat dipindahkan ke lahan yang telah siap di reklamasi.

3. Pembongkaran Tanah Penutup (*overburden*)

Lapisan penutup atau *overburden* merupakan material yang tidak berharga dan berada di bawah lapisan *top soil*, serta umumnya berada di atas lapisan

batubara. Material tidak berharga ini (*waste*) harus dibongkar atau diberai terlebih dahulu sebelum dapat dipindahkan. Lapisan penutup biasanya dipindahkan ke satu lokasi *disposal* dan akan digunakan kembali untuk ditimbun dibawah lapisan *top soil* ketika tambang akan tutup. Tahapan pembongkaran *overburden* adalah sebagai berikut :

a. Pembongkaran

Kegiatan pembongkaran lapisan *overburden* perlu dilakukan untuk mengekspos lapisan batubara yang berada dibawah lapisan *overburden*. Pada Pit Seturan pembongkaran dilakukan menggunakan metode peledakan dan penggalian bebas. Alat gali yang digunakan adalah Hitachi EX1200 dan Komatsu PC1200.

b. Pemuatan

Pemuatan merupakan kegiatan pemindahan material lapisan penutup (*overburden*) dengan alat muat ke dalam *vessel* alat angkut. Alat muat yang digunakan adalah Hitachi EX1200, Komatsu 1200. Sedangkan alat angkut yang digunakan adalah unit *Off Highway Dump Truck* Caterpillar 773E, Caterpillar 777D.



Gambar 2. 4 Kegiatan Pemuatan Overburden

c. Pengangkutan

Setelah proses loading material *overburden*, kemudian material tersebut diangkut menuju *disposal* untuk dilakukan *dumping* material.

d. *Overburden Dumping*

Merupakan kegiatan penimbunan material *overburden* setelah dilakukan *overburden removal* yang bertujuan untuk menimbun di *area disposal*. Kegiatan tersebut dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut:

a) *Outpit Dump*

Penimbunan yang dilakukan diluar area tambang pada suatu lokasi *disposal* yang sudah direncanakan

b) *Inpit Dump*

Penimbunan yang dilakukan didalam area tambang suatu lokasi *disposal* bekas *pit* yang sudah tidak ditambang.

4. *Coal Getting*

Merupakan kegiatan penambangan batubara setelah dilakukan *overburden removal* yang bertujuan untuk mendapatkan lapisan batubara yang sudah terekspose.

## BAB III

### DASAR TEORI

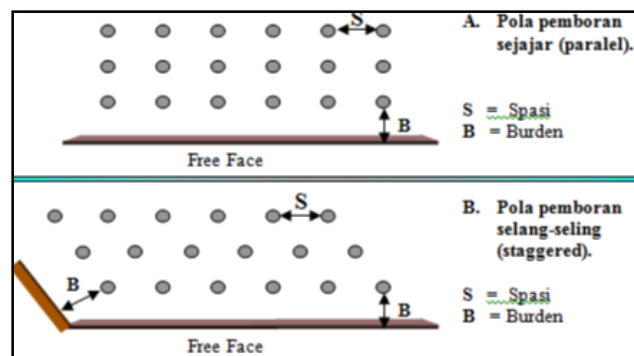
#### 3.1 Pola Pengeboran

Pola pemboran pada dasarnya merupakan suatu pola pada kegiatan pemboran dengan menempatkan lubang-lubang ledak secara sistematis. Berdasarkan letak-letak lubang bor maka pola pemboran pada umumnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

1. Pola pemboran sejajar (*parallel pattern*), yaitu pola pengeboran yang penempatan lubangnya yang berurutan dan sejajar
2. Pola pemboran selang-seling (*straggerd pattern*), merupakan pola pengeboran yang penempatan lubangnya pada setiap baris yang berurutan tetapi tidak sejajar.

Hambatan-hambatan yang mungkin timbul pada saat kegiatan pemboran berlangsung antara lain:

1. Hambatan yang tak dapat dihindari
  - a. Faktor cuaca (hujan lebat)
  - b. Kerusakan alat bor
2. Hambatan yang dapat dihindari
  - a. Posisi titik lubang bor yang belum dipersiapkan
  - b. Masuknya material ke dalam lubang bor

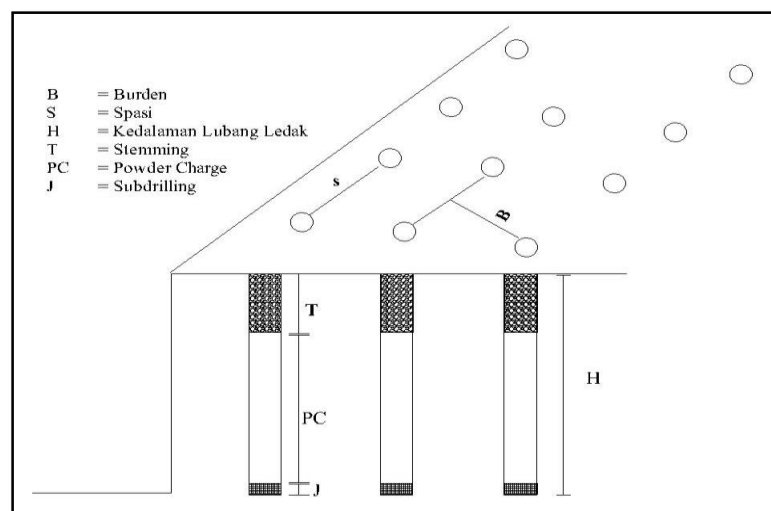


Gambar 3. 1 Jenis Pola Pemboran (Koesnaryo, s., 1998)

## 3.2 Geometri Peledakan dan Pola Peledakan

### 3.2.1 Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan suatu rancangan yang diterapkan pada suatu kegiatan peledakan yang meliputi, *spasi*, *burden*, *subdrilling*, *powder charge*, tinggi jenjang dan kedalaman lubang ledak. Dalam menghitung nilai geometri peledakan, terdapat beberapa persamaan yang sering digunakan seperti persamaan menurut C.J Konya, R.L Ash dan ICI Explosive.

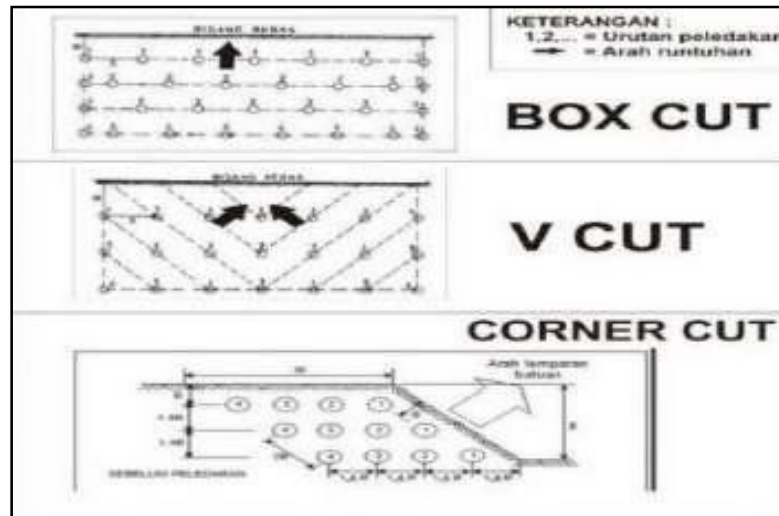


Gambar 3. 2 Geometri Peledakan

### 3.2.2 Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang-lubang bor dalam satu baris dengan bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor yang satu dengan yang lain. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan dan arah runtuh material yang diharapkan. Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

- Box cut*, yaitu peledakan yang arah runtuh batuan ke arah depan dan membentuk kotak
- Conner cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.
- “V” cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan membentuk huruf “V”



Gambar 3. 3 Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan (Koesnaryo, S., 1998)

### 3.3 Stemming, Powder Factor dan Flyrock

#### 3.3.1 Stemming

*Stemming* merupakan bagian dari lubang ledak yang letaknya berada di atas kolom isian bahan peledak. Kolom *stemming* dapat di isi dengan material dari hasil pemboran (*cutting*), adapun fungsi *stemming* yaitu menyeimbangkan tekanan dan mengurung gas-gas hasil ledakan agar dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal, mencegah agar tidak terjadi batuan terbang (*flyrock*) dan ledakan bertekanan udara (*airblast*) saat peledakan. Pada *stemming* yang terlalu pendek akan mengakibatkan pecahnya energi ledakan yang terlalu mudah untuk mencapai bidang bebas sehingga dapat menimbulkan batuan terbang (*flyrock*) dan energi yang menekan batuan tidak maksimal, dan hasil batuan peledakan mendapatkan hasil yang kurang maksimal. Pada *stemming* yang terlalu panjang dapat mengakibatkan energi ledakan terkurung dan hasil batuan peledakan akan menjadi bongkah karena energi ledakan tidak maksimal dan dapat menimbulkan *backbreak*. Untuk mencari nilai *stemming* terlebih dahulu mencari nilai jarak tegak lurus antara lubang ledak dengan bidang bebas terdekat (*Burden*) kemudian kita dapat menghitung nilai *stemming* dengan rumus:

$$T = Kt \times B \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- T = *Stemming* (m)
- Kt = *stemming ratio* (0,70-1,00)
- B = *Burden* (m)

### 3.3.1 Powder Factor

*Powder Factor* adalah suatu bilangan yang menyatakan perbandingan penggunaan bahan peledak terhadap jumlah material yang diledakan atau dibongkar dalam kg/m<sup>3</sup>. Untuk mencari nilai *powder factor* terlebih dahulu mencari volume terbongkar dan jumlah bahan peledak yang digunakan kemudian kita dapat menghitung nilai *powder factor* dengan rumus:

$$PF = \frac{E}{V} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

- PF = *Powder Factor* (kg/m<sup>3</sup>)
- V = Volume batuan yang diledakan (m<sup>3</sup>)
- E = Jumlah bahan peledak yang digunakan (kg)

Besaran nilai *powder factor* biasanya sudah ditetapkan dari perusahaan, semakin kecil *powder factor* maka semakin ekonomis pledakan tersebut.

### **Loading Density dan Jumlah Bahan Peledak**

Penggunaan bahan peledak disebut *loading density* (de), yaitu banyaknya bahan peledak (kg) tiap satu meter kedalaman lubang ledak. Dengan rumus:

$$de = 0,508 \times (De^2) \times sg \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- De = *Loading density* (kg/m)
- Sg = *Specific gravity* bahan peledak (gr/cc)
- De = Diameter lubang ledak (inch)

Setelah didapat jumlah bahan peledak per meter maka dicari bahan peledak dalam lubang ledak dengan rumus:

$$E = PC \times de \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

- E = Jumlah bahan peledak satu lubang ledak (kg/lubang)



PC = *Powder Charge* (m)

De = *Loading density* (kg/m)

Volume Terbongkar

Untuk mencari volume terbongkar dalam satu lubang ledak menggunakan rumus:

$$V = B \times S \times H \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

V = Volume batuan terbongkar (m<sup>3</sup>)

B = *Burden* (m)

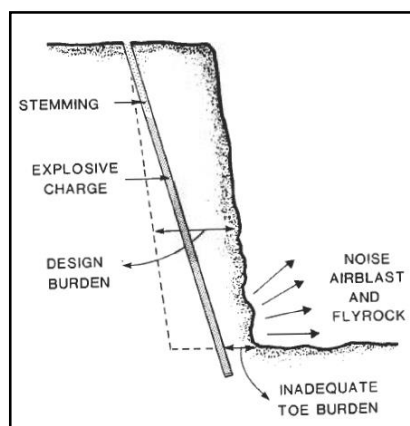
S = *Spasi* (kg/m)

H = Kedalaman lubang ledak (m)

### 3.3.3 *Flyrock*

*Flyrock* (batuan terbang) adalah lemparan batuan yang di hasilkan dari suatu kegiatan peledakan yang berdampak berbahaya bagi keselamatan manusia, alat, dan bangunan. (Bhadari,1997). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya *flyrock* adalah salah satu efek peledakan yang berbahaya bagi lingkungan. Sehingga perlu diketahui beberapa hal yang dapat menyebabkan *flyrock*. Beberapa faktor yang mempengaruhi *flyrock* adalah sebagai berikut (Bhadari, 1997) :

- 1) Ketidakesesuaian Burden Dan Spasi



Gambar 3. 4 Jarak Toe Burden yang terlalu pendek (Bhadari, 1997)

Pada kegiatan peledakan *burden* dan spasi harus diperhitungkan terlebih dahulu dengan memperhatikan diameter lubang ledak, karateristik batuan, dan hasil

fragmentasi. *Burden* yang terlalu kecil akan mengakibatkan isian bahan peledak pada kolom lubang ledak keluar melalui *freeface*. *Spasi* yang kecil dari *burden* akan menyebabkan energy antar lubang dalam satu baris akan terkumpul dan menyebabkan energy ke arah *free face* berkurang. Sehingga batuan akan cenderung terlempar ke atas dan berpotensi menyebabkan *flyrock*.

2) Kondisi Geologi

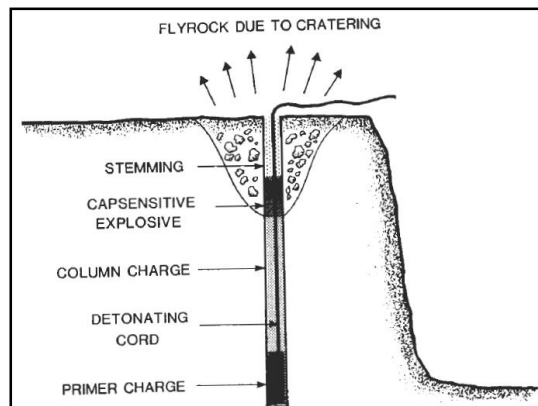
Zona lemah dan rongga-rongga yang ada pada massa batuan akan menyebabkan terjadinya *flyrock*. Bahan peledak yang terisi pada zona lemah akan menyebabkan *blow out* dan terjadi *flyrock*.

3) Ketidaksesuaian Pengeboran

Ketetapan pengeboran sesuai dengan perencanaan akan menghasilkan *burden* dan spasi yang tepat dan menghasilkan hasil fragmentasi yang baik.

4) Ketidaksesuaian *Stemming*

Isian bahan peledak yang terlalu sedikit akan membuat *stemming* terlalu panjang dan menyebabkan energi yang dihasilkan tidak cukup untuk memecahkan batuan. Tetapi isian bahan peledak yang terlalu banyak akan membuat kolom *stemming* pendek dan akan sangat berpotensi menyebabkan *flyrock*.

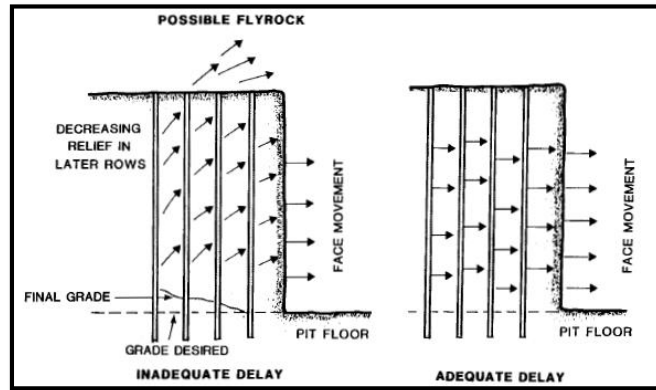


Gambar 3. 5 Stemming Yang Tidak Sesuai (Bhadari, 1997)

5) Penentuan *Delay Time* Dan Pola Inisiasi Yang Kurang Tepat

Penentuan *delay time* akan berpengaruh terhadap hasil peledakan dan pergerakan energy untuk memecahkan batuan. Apabila penentuan *delay time* yang tepat akan mengakibatkan energy peledak bergerak ke arah *free face* sesuai dengan

urutan peledakan. Tetapi dengan penentuan *delay time* yang kurang tepat energy peledak akan bergerak ke segala dan meledak bersamaan sehingga berpotensi adanya *flyrock*.



Gambar 3. 6 Pengaruh Waktu Tunda (Bhadari, 1997)

### 3.4 Perhitungan Prediksi Lemparan Maksimum *Flyrock*

#### 3.4.1 Prediksi Lemparan Maksimum Menurut Ebrahim Ghasemi

Perhitungan jarak lemparan *flyrock* menggunakan metode analisis dimensi berdasarkan parameter peledakan yang dapat di control diantaranya, *burden*, *spasi*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, diameter lubang ledak, isian bahan peledak per *delay*, dan *powder factor*.

$$F_d = 0.8027 B^{3.15914} S^{-3.9110} St^{-4.5953} H^{0.0191} D^{-0.1937} (P/Q)^{-2.1739} \dots\dots\dots (3.6)$$

$F_d$  = *flyrock distance* (m),

$B$  = *Burden* (m)

$S$  = *Spasi*

$St$  = *Stemming* (m)

$H$  = Kedalaman lubang ledak (m)

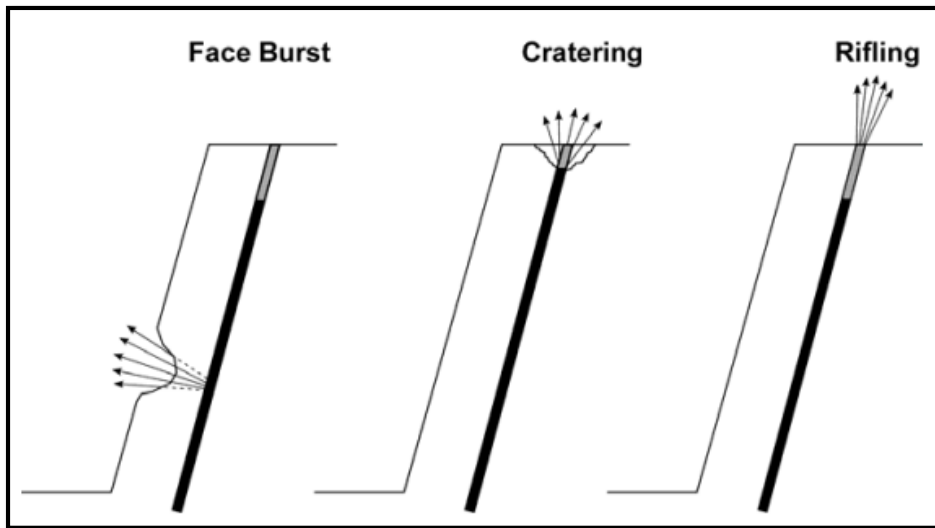
$D$  = Diameter lubang ledak (m)

$P$  = *Powder factor* (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  = Isian rata-rata per lubang ledak (kg)

### 3.4.2 Prediksi Lemparan Maksimum *Flyrock* Menurut Richard and Moore (2005)

Menurut Alan B. Richard dan Adrian J. Moore, *flyrock* dihasilkan dari tiga mekanisme utama yaitu:



Gambar 3. 7 Tiga Mekanisme Terjadinya *Flyrock* (Richard and Moore, 2005)

#### 1) *Face Brust*

Kondisi *burden* dapat mengontrol lemparan batuan ke arah depan bidang bebas. Jarak *Burden* pada baris pertama terlalu dekat dengan bidang bebas menyebabkan terjadinya *flyrock* secara *face brust* semakin besar.

Adapun persamaan *face brust* sebagai berikut :

$$L = \frac{k^2}{g} \left( \frac{\sqrt{m}}{B} \right)^{2,6} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

- L = Lemparan Maksimal (m)
- k = Konstanta
- g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- m = Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)
- B = *Burden* (m)

#### 2) *Cratering*

*Cratering* terjadi oleh tinggi *stemming* yang terlalu pendek serta terdapat bidang lemah pada lubang ledak. Bidang lemah tersebut biasanya

merupakan material *broken* dari hasil peledakan sebelumnya. Berdasarkan kondisi tersebut maka *flyrock* dapat terlempar ke segala arah dari lubang ledak yang di inisiasi. Adapun persamaan *cratering* sebagai berikut :

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH}\right)^{2,6} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan :

- L = Lemparan Maksimal (m)
- k = Konstanta
- g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- m = Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)
- SH = *Stemming Height* (m)

3) *Riffling*

Kondisi dimana *stemming* sudah sesuai untuk mencegah *flyrock* secara *Cratering* namun material *stemming* yang digunakan kurang baik. *Flyrock* terjadi karena kemiringan lubang ledak karena jika pada lubang tegak *flyrock* diasumsikan akan akan kembali pada titik semula. Adapun persamaan *riffling* sebagai berikut :

$$L = \frac{k^2}{g} \left(\frac{\sqrt{m}}{SH}\right)^{2,6} \sin 2\theta \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan :

- L = Lemparan Maksimal (m)
- k = Konstanta
- g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- m = Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)
- SH = *Stemming Height* (m)

Adapun persamaan konstanta sebagai berikut :

$$L = \sqrt{\frac{L \times g}{\left(\frac{\sqrt{m}}{SH}\right)^{2,6}} \dots\dots\dots (3.10)}$$

Keterangan :

- k = Konstanta
- L = Lemparan Maksimal (m)

- g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)
- m = Berat isian bahan peledak per meter (kg/m)
- SH = *Stemming Height* (m)

### 3.5 Analisis Statistik

#### 3.5.1 Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistic deskriptif adalah statistic yang digunakan dalam menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul. Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran atau mendeskripsikan data dalam variabel yang di nilai rata-rata (*mean*), minimum, maksimum dan standar deviasi.

##### *Mean*

*Mean* adalah nilai rata-rata dari beberapa buah data. Nilai *mean* dapat ditentukan dengan membagi jumlah data dengan banyaknya data. *Mean* (rata-rata) merupakan suatu ukuran pemusatan data. Bahwa data tersebut berada pada kisaran *mean* data tersebut. *Mean* tidak dapat digunakan sebagai ukuran pemusatan untuk jenis data nominal. Definisi dari *mean* adalah jumlah seluruh data dibagi dengan banyaknya data. Dengan kata lain jika kita memiliki N data sebagai berikut maka *mean* data tersebut dapat kita tuliskan sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} \dots\dots\dots (3.11)$$

Dimana:

- x = data ke n
- $\bar{x}$  bar = x (nilai sampel) rata – rata
- n = banyaknya data

##### **Standar Deviasi**

Standar Deviasi menginformasikan tentang seberapa jauh variasi data terhadap nilai rata-ratanya. Semakin besar nilai standar deviasi maka semakin beragam nilai-nilai pada item atau semakin tidak dengan mean, semakin kecil standar deviasi maka semakin serupa nilai-nilai pada item atau semakin akurat dengan mean. Standar deviasi atau simpangan baku dari data dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana:

- S = Standar Deviasi
- X<sub>i</sub> = Nilai x ke 1 sampai ke n
- X = Nilai rata-rata
- N = Jumlah Sampel

### 3.5.2 Analisis Regresi

Merupakan pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi dan perlu pemisah antara variabel bebas dan variabel terikat, biasanya disimbolkan dengan X dan Y. Pada regresi harus ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau adanya ketergantungan variabel satu dengan variabel lainnya. Kedua hubungan dalam regresi biasanya bersifat sebab akibat yaitu saling berpengaruh. Dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi antara variabel Y dan variabel X. Regresi dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi  $y = f(x)$ . Regresi linier sederhana adalah hubungan yang menunjukkan hubungan antara dua variabel, yaitu variabel X sebagai variabel bebas dan variabel Y sebagai variabel tak bebas. Regresi linier berganda merupakan model yang menjelaskan hubungan variabel tak bebas Y dengan dua atau lebih variabel bebas. Tujuan dari uji linier berganda adalah untuk memprediksi nilai variabel tak bebas Y apabila nilai-nilai variabel bebasnya X diketahui. Dan untuk mengetahui hubungan arah antara variabel tak bebas Y dan variabel bebasnya Y.

#### Model Eksponensial

Regresi eksponensial adalah regresi non linier yang variabel terikatnya berdistribusi eksponensial, dalam *scatter plot* terbentuk garis cekung.

Bentuk umum model persamaan regresi eksponensial adalah :

$$Y = a e^{bx} \dots\dots\dots(3.13)$$

Y = Variabel terikat

X = Variabel bebas

A = intresep (titik potong anantara garis regresi dengan sumbu Y pada koordinat kartesius)

b = koefisien regresi / slope

$e$  = bilangan pokok logaritma alam, yang nilainya hingga empat decimal

Persamaan  $Y = a e^{bx}$  . ditransformasi menjadi persamaan linier

fungsi (ln) menjadi:

$$\ln Y = \ln a e^{bx}$$

$$\ln Y = \ln a + bX$$

### 3.6 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi adalah sebuah analisis yang membahas tentang derajat hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan dalam satu variabel diikuti oleh perubahan variabel lainnya baik perubahan searah maupun tidak searah. Contoh, jika nilai koefisien korelasi sebesar 0.85 berarti kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians dari variabel terikatnya adalah sebesar 85%. Berarti terdapat 15% (100%-80%) varians variabel terikat yang dijelaskan oleh faktor lainnya. Berdasarkan hubungan antar variabel yang satu dengan variabel lainnya dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimbolkan “r” besarnya koefisien korelasi berkisar antara  $-1 \leq r \leq +1$ . Jika dua variabel berkorelasi negative maka nilai korelasinya akan mendekati 0, sedangkan jika dua variabel berkorelasi positif maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati 1. Tingkat hubungan antara variable dalam interval koefisien dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 3. 1 Nilai Koefisien Korelasi (Ronald E Walpole, 1993)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
(-0,8) – (-1,0)	Sangat Kuat
(-0,6) – (-0,799)	Kuat
(-0,4) – (0,599)	Sedang
(-0,2) – (-0,399)	Rendah
(-0,01) – (-0,199)	Sangat Rendah
0	Tidak Ada Hubungan
0,01 – 0,199	Sangat Rendah
0,2 – 0,399	Rendah
0,4 – 0,599	Sedang
0,6 – 0,799	Kuat
0,8 – 1,0	Sangat Kuat



### 3.7 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (Regresi Linier <sup>2</sup>) merupakan hubungan yang menjelaskan kecocokan antara dua variabel yang dilakukan analisis dengan model regresi yang digunakan. Salah satu mendapatkan nilai koefisien determinasi adalah dengan memangkatkan nilai koefisien korelasi. Sebagai contoh jika dua variabel dilakukan analisis regresi dengan menggunakan linier menghasilkan nilai  $R^2$  sebesar 0.6, namun jika kedua variabel tersebut menghasilkan nilai  $R^2$  0.8, maka kedua variabel tersebut lebih cocok menggunakan regresi power karena memiliki level kepercayaan yang lebih tinggi. Dampak dari level kepercayaan semakin tinggi data yang akan diujikan melalui persamaan tersebut akan semakin akurat dan mendekati data aktual. Nilai koefisien korelasi bernilai antara 0 – 1. Contoh  $R^2 = 0.6$ , artinya variabel X memiliki korelasi positif dan hubungan yang kuat dengan variabel Y dan  $R^2 = 0.36$  atau 36% di antar keragaman total nilai-nilai Y dapat dijelaskan oleh hubungan liniernya dengan nilai X. Atau besarnya sumbangan X terhadap naik turunnya Y adalah 36% sedangkan 64% disebabkan oleh faktor lain.

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

#### **4.1 Operasi Peledakan**

##### **4.1.1 Geometri Peledakan**

Sebelum melakukan kegiatan peledakan yang harus diperhatikan adalah rancangan geometri peledakan harus sesuai dengan kondisi di lapangan, karakteristik batuan yang akan diledakan dan jenis bahan peledak yang akan dipakai merupakan unsur yang sangat penting dalam kegiatan peledakan agar biaya yang dikeluarkan dalam melakukan peledakan dapat diminimalkan, getaran dan efek lingkungan akibat peledakan juga dapat dikontrol, adapun tujuan dari peledakan itu sendiri juga harus terpenuhi untuk mendapatkan fragmentasi yang baik agar dapat di muat oleh alat gali dengan mudah. Geometri peledakan di Pit Seturan adalah sebagai berikut:

- a Diameter lubang : 7 7/8 (200 mm)
- b *Pattern* burden x spasi : 8 m x 10.6 m
- c Kedalaman lubang ledak : 3 m – 9 m
- d *Stemming* : 1 m – 6.5 m

##### **4.1.2 Metode Peledakan**

Metode peledakan yang digunakan di PT. Kayan Putra Utama Coal adalah metode non elektrik. Metode non elektrik adalah suatu system peledakan yang beruntun tanpa menggunakan listrik (*non electric delay system*).

##### **4.1.3 Kegiatan Peledakan**

Kegiatan peledakan bertujuan untuk membongkar atau memberaikan suatu batuan dari batuan induknya. PT. Kayan Putra Utama Coal melakukan peledakan bertujuan untuk proses penambangan atau penggalian batubara. berdasarkan geologinya, lokasi penelitian pada Pit. Seturan tersusun perselingan Batulempung-Batupasir, Batupasir, Batulempung, Batulanau dan batubara. Kegiatan peledakan di PT. Kayan Putra Utama Coal dilakukan pada pukul 12.00 WITA. Kegiatan pemboran dilakukan menyesuaikan dengan kegiatan peledakan direncanakan. Kegiatan pertama yang dilakukan pada kegiatan peledakan yaitu pembuatan

rancangan yang dilakukan oleh departemen *Drill and Blast*. Rancangan yang dibuat meliputi rancangan area peledakan, kegiatan yang dipakai, geometri peledakan. Berikut merupakan beberapa pekerjaan yang dilakukan sebelum kegiatan peledakan:

1. Mempersiapkan Area dan Akses Jalan Ke Lokasi Peledakan

Kegiatan ini dilakukan agar akses menuju lokasi peledakan mudah diakses alat mekanis dan teknisi *drilling and blasting* untuk menyiapkan lokasi yang diledakan. Pembuatan akses jalan biasanya dilakukan dengan menggunakan alat mekanis berupa *dozer* atau *scraper*.

2. *Prepare* Lokasi Pengeboran Dan Peledakan

*Prepare* lokasi pengeboran dilakukan untuk menyiapkan atau merapikan lokasi yang akan diledakan, dimana kegiatannya meliputi perataan lokasi, men-*scrub* lokasi yang terdapat genangan air, merapikan arah *freeface* dan menyiapkan lahan untuk kendaraan teknisi. Lokasi pengeboran terutama disekitar titik lokasi harus dikeraskan, agar dapat menahan alat bor yang sangat besar. *Prepare* lokasi dapat menggunakan *dozer* atau motor grader. Setelah lokasi peledakan selesai di *prepare*, kemudian dilakukan pemasangan barikade dan rambu terhadap lokasi yang akan dibor dan diledakan. Tujuannya agar kegiatan pemboran dan peledakan tidak terganggu, dan tetap aman.



*Gambar 4. 1 Kegiatan Prepare Lokasi Peledakan*

### 3. Penitikan Lubang Ledak

Setelah lokasi peledakan selesai di *prepare* maka selanjutnya yaitu pemasangan brikade kemudian dilakukan penitikan lubang oleh juru ledak, pada pengamatan di lapangan adapun jarak *burden* 8 meter dengan spasi 10,6 meter dengan pola pengeboran selang-seling (*staggered pattern*).



Gambar 4. 2 Penitikan Lubang Ledak

### 4. Pengeboran

Apabila penitikan lubang bor telah dilakukan maka dilakukanlah kegiatan pengeboran lubang ledak. Kegiatan pengeboran menggunakan alat bor Atlas Copco dengan tipe DM45/DM50. Mata bor yang digunakan di Pit Seturan adalah *Klaw Bit* dengan diameter mata bor sebesar  $7 \frac{7}{8}$  inch atau 200 mm. Kedalaman lubang ledak berkisar antara 3 meter hingga 9 meter. Panjang *Subdrill* berkisar antara 0 meter hingga 1 meter. Pola pengeboran yang dipakai adalah *staggered pattern* atau pola pengeboran selang-seling.



Gambar 4. 3 Kegiatan Pemboran

#### 5. Pengukuran Kedalaman Lubang Bor Aktual

Pengukuran kedalaman lubang ledak aktual dilakukan agar mengetahui kedalaman lubang ledak aktual apakah sesuai dengan lubang ledak yang direncanakan serta dapat untuk mengetahui kondisi pada lubang tersebut merupakan lubang ledak basah atau lubang ledak kering karena dapat mempengaruhi material *stemming* yang digunakan.



Gambar 4. 4 *Sounding* Lubang Ledak

Kendala yang biasanya terjadi pada saat kegiatan pemboran yaitu :

- a. Tersangkutnya bit di dalam batuan berongga
- b. Panasnya mesin atau *overhead* hal ini disebabkan oleh pemakaian mesin yang sudah tidak lagi baru
- c. Kerasnya material pada area pemboran

#### 6. Perangkaian Primer

Perangkaian primer adalah kegiatan yang dilakukan oleh teknisi *drill and blast* untuk merangkai *dynamit* dengan *in hole delay*, yang nantinya berguna sebagai pemicu awal terjadinya peledakan. *Dynamit* yang digunakan pada kegiatan peledakan adalah produk dari Orica dengan tipe *Senatel Pulsar* yang memiliki massa 500 gr . *In hole delay* yang digunakan bermerek Orica dengan *delay* 400 ms dengan panjang 12 m posisi primer diletakan di tengah-tengah lubang ledak (*deck middle priming*) dengan mengharapkan agar energi yang di hasilkan lebih merata.



Gambar 4. 5 *Dynamit* dan In Hole Delay

#### 7. Charging Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan oleh PT. Kayan Putra Utama Coal adalah *Fortis Coal* yang merupakan produk dari Orica dengan nilai densitas 1.15 gr/cc dan *velocity of detonation* sebesar 5079 m/s. Pengisian bahan peledak di PT. Kayan Putra Utama Coal menggunakan *Mobile Manufuturing Unit* (MMU) yang dilakukan oleh Orica Mining Service.



Gambar 4. 6 *Charging* Bahan Peledak

#### 8. Pengisian *Stemming*

Material yang digunakan untuk *stemming* adalah material hasil pemboran disekitar lubang ledak. Proses pengisian *stemming* dilakukan secara manual dengan alat sederhana berupa sekop dan cangkul. Kedalaman lubang ledak  $\pm 9$  m, dan kolom isian sedalam  $\pm 5$  sehingga tinggi *stemming*  $\pm 4$  m. Penggunaan *stemming* yang baik dilakukan agar energi peledakan yang di hasilkan tidak terbuang sia-sia dan jarak *flyrock* tidak terlalu jauh.



Gambar 4. 7 Pengisian *Stemming*



## 9. Tie Up

Tie Up adalah perangkaian *surface delay* dengan mengacu pola penyalan yang telah direncanakan. Pada tie up ditentukan lubang mana yang pertama kali ditembak (*Initiation Point*), selain itu *tie up* berfungsi untuk menentukan arah peledakan atau arah lemparan broken material. Tipe rancangan yang dipakai umumnya *echelon* tergantung kondisi area peledakan. PT. Kayan Putra Utama Coal menggunakan *Surface Delay* detonator non elektrik dengan 2 jenis yaitu detonator nonel *delay* 25 ms berwarna merah biasanya digunakan pada sayap pola dan 65 ms berwarna biru digunakan sebagai *controlled row*. Masing-masing memiliki panjang 12 m.



Gambar 4. 8 Surface Delay

Setelah perangkaian maka detonator elektrik dipasang dan *leg wire* dihubungkan dengan *lead wire*.

## 10. Menghubungkan *Lead Wire* ke *Blasting Machine*

Setelah detonator listrik dihubungkan dengan *lead wire*, kemudian *lead wire* ditarik sejauh 300 m sampai 500 m dari lokasi peledakan. Sebelum dipasangkan dengan *blasting machine*, tahanan (resistor) dari rangkaian diukur terlebih dahulu dengan *blasting ohm meter*. Setelah arus aman, *lead wire* dihubungkan dengan *blasting machine* untuk memicu peledakan. Kegiatan perangkaian dan peledakan dikomandoi oleh juru ledak.





Gambar 4. 9 *Blasting Machine*

#### 11. Pengecekan Akhir

Setelah kegiatan peledakan dilakukan, *blaster* melakukan pemeriksaan kembali ke are peledakan untuk memastikan tidak adanya *misfire*. Apabila sudah tidak ada kendala, maka area peledakan dibuka kembali untuk kegiatan penambangan.

### 4.2 Pengambilan Data

#### 4.2.1 Pengukuran Data Geometri Aktual

Pengukuran geometri aktual di lapangan dilakukan manual dengan menggunakan alat meteran. Parameter yang diukur adalah kedalaman lubang ledak, tinggi kolom isian dan tinggi *stemming*. Untuk *burden*, *spacing* dan *powder factor* di PT. Kayan Putra Utama Coal sudah menetapkan dengan pattern 8 m dan 10,6 m dengan *powder factor* antara 0,18 kg/m<sup>3</sup>, 0.19 kg/m<sup>3</sup>, dan 0.20 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan volume terbongkar didapat dari perkalian *burden* x *spacing* x kedalaman lubang ledak. Bahan peledak yang digunakan dalam kegiatan peledakan adalah Fortis Coal dengan denstitas 1.15 gr/cm<sup>3</sup> dengan kecepatan detonasi 5079 m/s. Hasil data pengukuran geometri aktual dilokasi penelitian dapat dilihat pada.

Tabel 4. 1 Geometri Peledakan dan Jarak Flyrock Aktual

No	Tanggal	Kedalaman Lubang Ledak / H (m)	Burden (m)	Spasi (m)	Vol/lubang (m³)	PF (kg/m³)	E (kg/lubang)	de (kg/m)	PC (m)	T (m)	Flyrock (m)
1	14/04/22	7.23	8	10.6	612.68	0.19	116.39	36.23	3.21	4.01	175.03
2	15/04/22	6.68	8	10.6	566.28	0.19	107.58	36.23	2.97	3.71	205.76
3	25/04/22	8.12	8	10.6	688.83	0.18	127.21	36.23	3.51	4.61	122.41
4	13/05/22	7.26	8	10.6	616.06	0.18	113.77	36.23	3.14	4.12	113.29
5	17/05/22	8.44	8	10.6	715.81	0.18	143.82	36.23	3.97	4.47	106.89
6	21/05/22	8.51	8	10.6	721.86	0.18	133.31	36.2	3.68	4.83	108.07
7	23/05/22	7.85	8	10.6	666.03	0.17	112.55	36.23	3.11	4.75	60.21
8	24/05/22	7.78	8	10.6	659.77	0.2	133.12	36.23	3.67	4.11	219.00
9	25/05/22	8.05	8	10.6	682.99	0.2	137.81	36.23	3.80	4.25	130.17
10	29/05/22	6.98	8	10.6	591.70	0.2	119.39	36.23	3.30	3.68	198.17
11	3/6/2022	8.18	8	10.6	693.29	0.19	131.71	36.23	3.64	4.54	206.30
12	6/6/2022	8.67	8	10.6	735.54	0.17	124.69	36.23	3.44	5.23	58.59

Dimana :

PF = Powder Factor (m)

PC = Powder Coloum (m)

T = *Stemming* (m)

#### 4.4.2 Data *Flyrock* Aktual

Pengukuran jarak *flyrock* dilakukan dengan menggunakan alat bantu GPS dimana untuk melihat lemparaj jarak terjauh dibantu dengan pengambilan video menggunakan handphone. Pengukuran jarak dapat menggunakan rumus pitagoras

$$L = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Dimana:

L = *Flyrock*

X<sub>1</sub> = Koordinat horizontal titik peledakan

X<sub>2</sub> = Koordinat horizontal titik *Flyrock*

Y<sub>1</sub> = Koordinat vertikal titik peledakan

Y<sub>2</sub> = Koordinat vertikal titik *Flyrock*

Dari pengambilan data dilapangan didapat jarak *flyrock* dari setiap peledakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 *Flyrock* Aktual Setiap Peledakan

No	Tanggal	Lokasi	Koordinat Titik Peledakan		Koordinat Flyrock		<i>Flyrock</i> Aktual (m)
			X	Y	X	Y	
1	14/04/22	Pit. Seturan	442198	342595	442345	341690	175.03
2	15/04/22	Pit. Seturan	442040	341369	442193	341502	205.76
3	25/04/22	Pit. Seturan	440934	340525	440797	340408	122.41
4	13/05/22	Pit. Seturan	442286	341156	442202	341232	113.29
5	17/05/22	Pit. Seturan	442141	341225	442136	341205	106.89
6	21/05/22	Pit. Seturan	442295	341302	442379	341370	108.07
7	23/05/22	Pit. Seturan	442015	341225	442066	341257	60.21
8	24/05/22	Pit. Seturan	441819	341397	441031	341031	219
9	25/05/22	Pit. Seturan	442211	341595	442345	341690	130.17
10	29/05/22	Pit. Seturan	440977	340599	442193	340457	198.17
11	3/6/2022	Pit. Seturan	442037	341368	442193	341503	206.3
12	6/6/2022	Pit. Seturan	442169	341302	442221	341275	58.59

Berdasarkan perhitungan jarak tersebut dapat dilihat bahwa lemparan minimum aktualnya ialah 58.59 m dan lemparan terjauh aktualnya adalah 219 m.



Gambar 4. 10 GPS



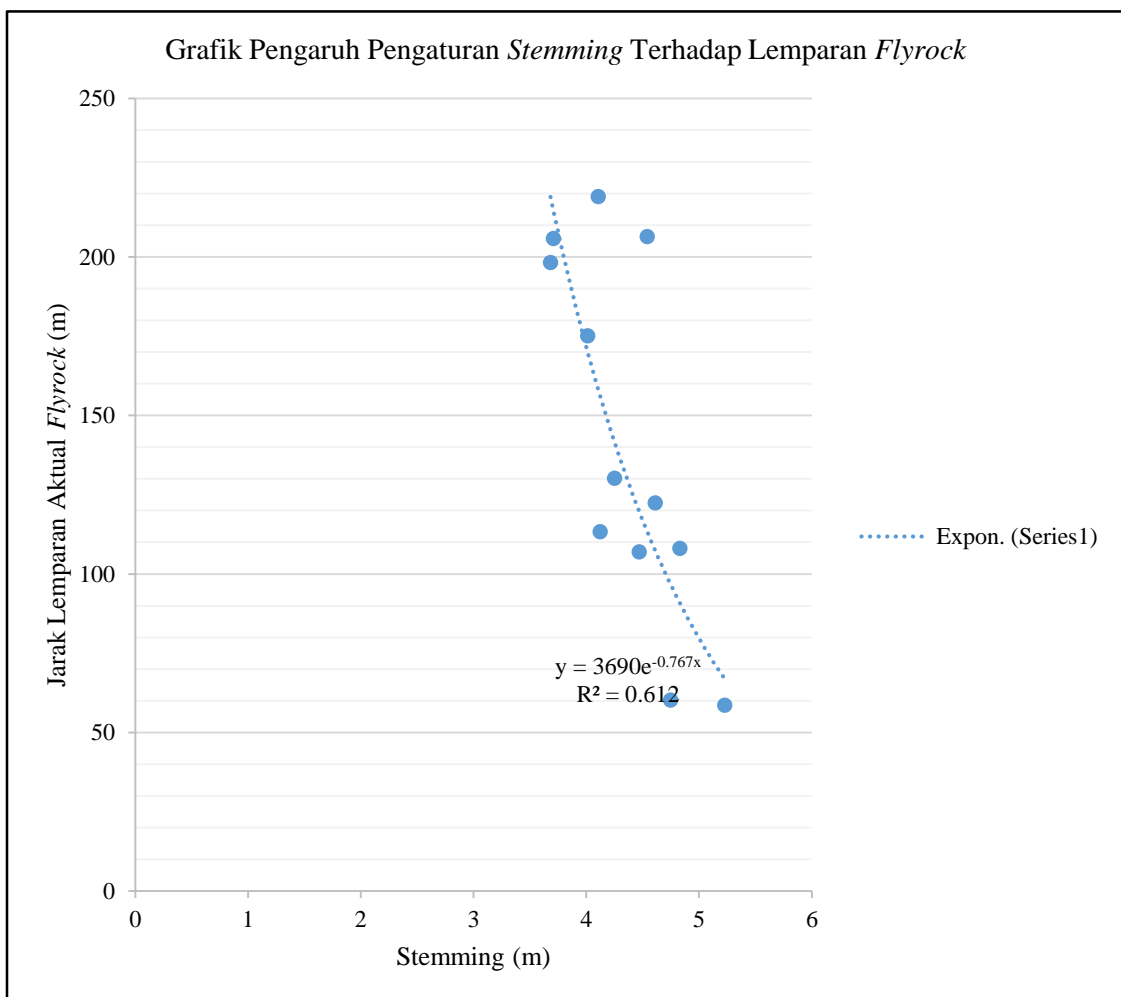
Gambar 4. 11 *Flyrock*

## BAB V PEMBAHASAN

### 5.1 Analisis *Stemming* dan *Powder Factor* Yang Mempengaruhi *Flyrock*

#### 5.1.1 Tinggi *Stemming*

Semakin pendek kolom *stemming*, maka lemparan *flyrock* akan semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh pengisian bahan peledak yang berlebihan sehingga kolom *stemming* menjadi lebih pendek. Selain itu pada kondisi lubang ledak basah diharuskan menggunakan material *stemming* agregat agar dapat menahan tekanan ledakan.



Gambar 5. 1 Grafik Korelasi *Stemming* dan *Flyrock*

Pada gambar 5.1 berdasarkan persamaan yang dihasilkan diatas dapat dilihat hubungan yang dihasilkan berbanding terbalik dimana variabel satu terjadi peningkatan maka variabel lainnya mengalami penurunan. Hubungan keduanya mempunyai korelasi ( $r$ ) = -0.76 artinya dari analissi tersebut menunjukkan variabel terikat dapat di jelaskan dengan kuat oleh variabel bebasnya. Sedangkan ( $R^2$ ) = 0.612 atau 61.2% adalah besarnya pengaruh naik turunnya tinggi *stemming* terhadap lemparan *flyrock* maksimum, sedangkan 38.8% disebabkan oleh faktor lain. Faktor lain seperti control terhadap tinggi *stemming* harus benar-benar dilakukan dan lubang ledak harus tertutup rapat atau padat oleh *stemming* agar meminimalisirkan terjadinya *flyrock*. Adapun target penggunaan tinggi *stemming* sebagai berikut.

Persamaan regresi yang didapat dari analisi statistic antara tinggi *stemming* dan jarak *flyrock* ialah:

$$Y = 3690e^{-0.767x}$$

$$Y = 3690e^{-0.767x}$$

$$110 = 3690e^{-0.767x}$$

$$\ln(110) = \ln(3690) + \ln(e^{-0.7671x})$$

$$\ln(110) = \ln(3690) + \ln e(-0.767x)$$

$$\ln(110) = \ln(3690) + -0.767x$$

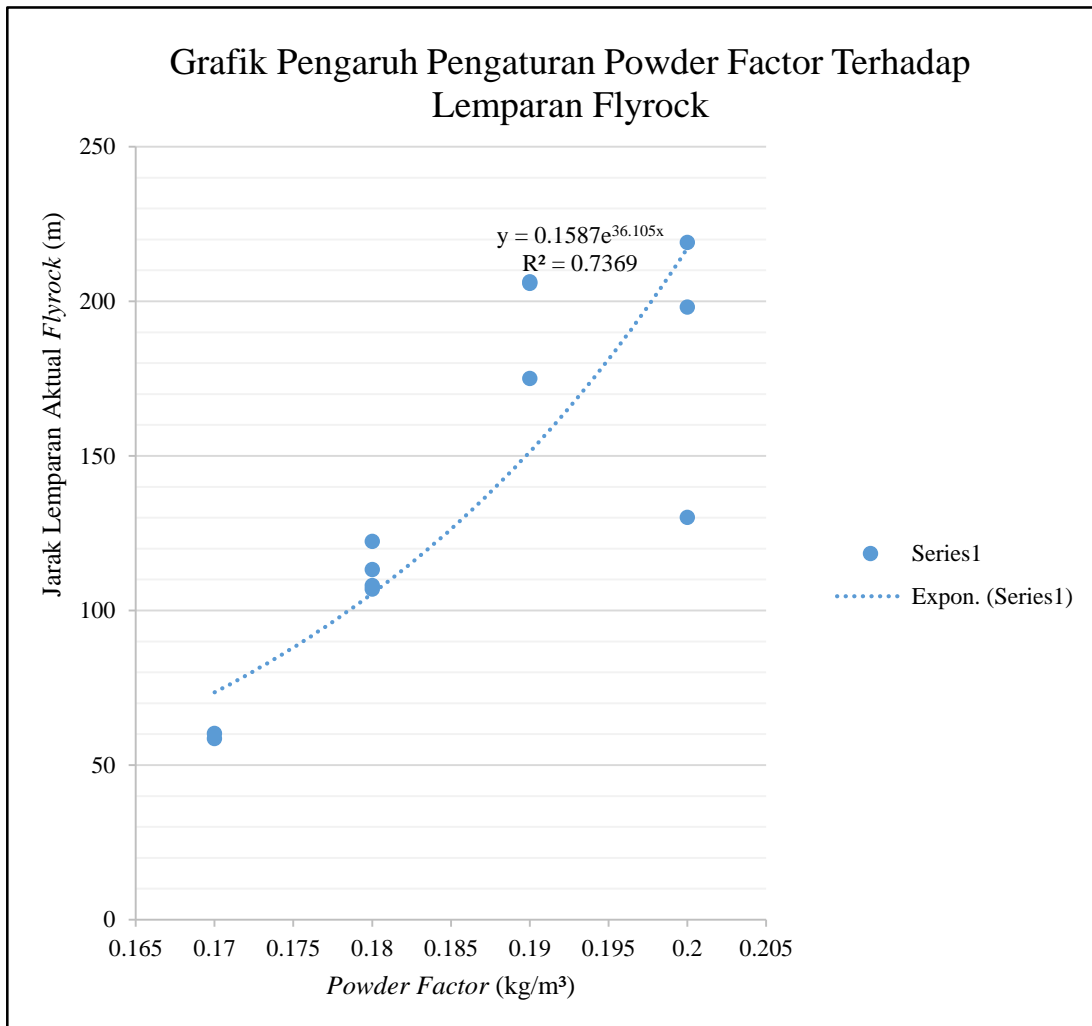
$$x = (\ln(110) - \ln(3690)) / -0.767$$

$$x = 4.58 \text{ m}$$

dari persamaan tersebut dapat dilihat untuk meminimalisirkan jarak *flyrock* sebesar 50% membutuhkan nilai tinggi *stemming* yaitu 4.58 m.

### 5.1.2 Powder factor

Dengan *powder factor* dapat diketahui konsumsi bahan peledak yang digunakan, bila pengisian bahan peledak terlalu banyak maka akan mengakibatkan kolom tinggi *stemming* akan kecil sehingga mengakibatkan *flyrock*.



Gambar 5. 2 Grafik Korelasi Powder Factor dan Flyrock

Berdasarkan gambar 5.2 berdasarkan persamaan yang dihasilkan diatas dapat dilihat hubungan yang dihasilkan searah dimana semakin naik nilai *powder factor* maka semakin jauh pula jarak lemparan *flyrock*. Hubungan keduanya mempunyai koefisien korelasi ( $r$ ) = 0.837 atau dari analisis tersebut menunjukkan variabel terikat dapat dijelaskan dengan sangat kuat oleh variabel bebasnya. Sedangkan ( $R^2$ ) = 0.7369 atau 73.69% adalah besarnya pengaruh naik turunnya nilai *powder factor* terhadap lemparan *flyrock* maksimum, sedangkan 26.31% disebabkan oleh faktor lain. Adapun target penggunaan *powder factor* sebagai berikut.

Persamaan regresi yang didapat dari analisis statistic antara penggunaan *powder factor* dan jarak *flyrock* ialah:

$$Y = 0.1587e^{36.105x}$$

$$Y = 0.1587e^{36.105x}$$

$$110 = 0.1587e^{36.105x}$$

$$\ln(110) = \ln(0.1587) + \ln(e^{36.105x})$$

$$\ln(110) = \ln(0.1587) + \ln e (36.105)$$

$$\ln(110) = \ln(0.1587) + 36.105 x$$

$$x = (\ln(110) - \ln(0.1587))/36.105$$

$$x = 0.18 \text{ kg/m}^3$$

dari persamaan tersebut dapat dilihat untuk meminimalisir jarak *flyrock* sebesar 50% membutuhkan nilai *powder factor* yaitu  $0.18 \text{ kg/m}^3$

## 5.2 Pengaruh Pengaturan *Stemming* dan *Powder Factor* Terhadap *Flyrock*

Tabel 5. 1 Persen pengaruh pengaturan

Powder Factor (kg/m <sup>3</sup> )			Stemming (meter)		
0.17 kg/m <sup>3</sup>	0.20 kg/m <sup>3</sup>	17.65%	5.23 m	4.11 m	-21%
0.20 kg/m <sup>3</sup>	0.17 kg/m <sup>3</sup>	15.00%	4.11 m	5.23 m	27%

Pada daerah penelitian mendapatkan hasil lemparan *flyrock* dengan penggunaan *powder factor*  $0.20 \text{ kg/m}^3$  dengan tinggi *stemming* 4.11 meter menghasilkan lemparan 219 meter dan penggunaan *powder factor*  $0.17 \text{ kg/m}^3$  dengan tinggi *stemming* mendapatkan hasil lemparan *flyrock* sejauh 58.59 meter. Dari Tabel 5.1 diatas dapat di ketahui persenan kenaikan ataupun penurunan dari perbedaan penggunaan *powder factor* dan perbedaan tinggi *stemming*.



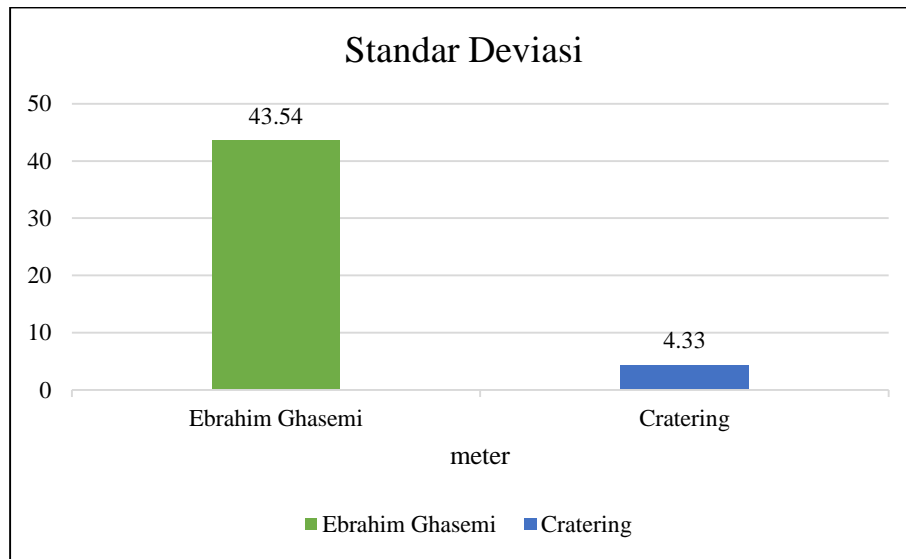
### 5.3 Analisis Lemparan Maksimum Secara Teoritis dan Aktual

#### 5.3.1 Perhitungan Standar Deviasi dan Persen *Error*

Tabel 5. 2 Lemparan Secara Teoritis dan Aktual

Tanggal	Lokasi	Prediksi Jarak Lemparan Teoritis (m)		Lemparan Aktual Flyrock (m)
		Ebrahim Ghasemi	Richard & Moore Cratering	
		14/04/22	Pit. Seturan	
15/04/22	Pit. Seturan	184.9	205.8	205.76
25/04/22	Pit. Seturan	110.76	122.34	122.41
13/05/22	Pit. Seturan	145.34	113.34	113.29
17/05/22	Pit. Seturan	166.77	106.86	106.89
21/05/22	Pit. Seturan	99.07	108.11	108.07
23/05/22	Pit. Seturan	112.97	45.86	60.21
24/05/22	Pit. Seturan	164.64	218.98	219
25/05/22	Pit. Seturan	152.29	130.19	130.17
29/05/22	Pit. Seturan	215.48	198.43	198.17
3/6/2022	Pit. Seturan	113.96	206.26	206.3
6/6/2022	Pit. Seturan	67.32	58.58	58.59

Prediksi teoritis untuk memperkirakan lemparan maksimum *flyrock* menggunakan 2 teori yaitu menurut Ebrahim Ghasemi dan teori menurut Richard & Moore rumus *cratering*. Untuk melihat seberapa besar perselisihan perhitungan prediksi *flyrock* dengan hasil lemparan *flyrock* aktual di lapangan maka dilakukan percobaan perhitungan pengamatan sebanyak 12 kali. Dari hasil perhitungan standar deviasi antara prediksi lemparan maksimum *flyrock* dan lemparan maksimum aktual, didapatkan hasil seperti di bawah ini (Gambar 5.3)



Gambar 5. 3 Standar Deviasi Prediksi dengan Lemparan Aktual Maksimum

Pada grafik di atas, standar deviasi prediksi lemparan *flyrock* dan lemparan aktual pada teori Ebrahim Ghasemi adalah 43.54 m dan teori Richard & Moore dengan rumus *Cratering* adalah 4.33 m. Untuk lebih detailnya dapat juga dihitung persen error terhadap jarak lemparan maksimum aktual setiap lokasi peledakan.

Tabel 5. 3 Persen Error Lemparan Maksimum Teoritis

Tanggal	Lokasi	Flyrock Aktual	Error (%)	
			Ebrahim Ghasemi	Richard & Moore <i>Cratering</i>
14/04/22	Pit. Seturan	175.03	12.18	-0.11
15/04/22	Pit. Seturan	205.76	10.14	-0.02
25/04/22	Pit. Seturan	122.41	9.50	0.03
13/05/22	Pit. Seturan	113.29	-28.29	-0.04
17/05/22	Pit. Seturan	106.89	-56.02	0.03
21/05/22	Pit. Seturan	108.07	8.33	-0.04
23/05/22	Pit. Seturan	60.21	-87.63	23.83
24/05/22	Pit. Seturan	219	24.82	0.01
25/05/22	Pit. Seturan	130.17	-16.99	-0.02
29/05/22	Pit. Seturan	198.17	-8.73	-0.13
3/6/2022	Pit. Seturan	206.3	44.76	0.02
6/6/2022	Pit. Seturan	58.59	-14.90	0.02
Rata-rata			-8.57	1.97

Dari persen *error* dapat dilihat bahwa teori Richard & Moore dengan rumus *cratering* yang paling mendekati lemparan maksimum aktual dengan 1.97% dan teori Ebrahim Ghasemi 8.57 %. Oleh karena itu, digunakan persamaan yang paling mendekati lemparan *flyrock* aktual yaitu teori dari Richard & Moore dengan rumus *Cratering*.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di lapangan, adapun kesimpulan yang dapat diambil dari tugas akhir ini adalah:

1. Dari 12 kali kegiatan peledakan didapatkan lemparan maksimum *flyrock* aktual adalah 219 m dengan *powder factor* 0.20 kg/m<sup>3</sup>, dan faktor yang paling berpengaruh antara *stemming* dan *powder factor* adalah *powder factor* dengan koefisien korelasi ( $r$ ) 0.837.
2. Adapun dari lemparan 219 m dan 58.59 m di dapat persen kenaikan *stemming* dan *powder factor* sebesar 27% dan 17.65 % dengan persen penurunan -21% dan 15%
3. Untuk memprediksi jarak lemparan maksimum *flyrock* yang ada di lokasi peledakan, menggunakan teori Richard & Moore rumus *cratering* karena memiliki kesalahan 1.97% dan penyimpangan sebesar 4.33 meter.

#### **6.2 Saran**

1. Perlu memperhatikan dalam penggunaan *powder factor* karena dapat mempengaruhi *charging* agar tidak *overcharge* karena dapat mempengaruhi tinggi kolom *stemming* dimana kolom *stemming* yang kurang dapat memepngaruhi *flyrock* dan menyebabkan energy peledakan tidak maksimal.
2. Diharapkan lebih meningkatkan pengawasan kinerja saat kegiatan peledakan dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ash.R.L, 1992. *Design Of Blasting, Surface Mining*. New York.
- Atmaja, L. S. 2009. *Statistika untuk bisnis dan ekonomi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Aulia, Himmatul, 2016. *Analisis Arah dan Jarak Lemparan Flyrock Akibat Kegiatan Peledakan*, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- Bhandari, S., 1997. *Engineering Rock Blasting Operations*.
- Fadillah, Ichsan, 2019. *Evaluasi Kebutuhan Jumlah Alat Untuk Mencapai Target Produksi Batubara di PT. Pipit Mutiara Jaya, Site Sebakis, Nunukan Kalimantan Utara*, Universitas Trisakti, Jakarta.
- Hakim, M. F. 2022. *Kajian teknis peledakan untuk memperkecil flyrock di pit Pelikan pamapersada nusantara jobsite Pt. Kaltim prima coal* (doctoral Dissertation, upn'veteran" yogyakarta).
- Koesnaryo, S. *Teknik Pemboran dan Peledakan* “Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional ”Veteran” Yogyakarta 1988.
- Konya, C. J., 1990. *Blast Design, Continental Development*,. Montville, Ohio
- Kurniawan, R. 2016. *Analisis regresi*. Prenada Media.
- Ramadhan, R., & Yulhendra, D. 2020. *Kajian Potensi Flying Rock Peledakan Terhadap Radius Aman Alat Peremuk Crusher di CV Tekad Jaya Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat*. *Bina Tambang*, 5(3), 1-6.
- Richard, A. B., & Moore, A. J. 2005. Golden pike cut back fly rock control and Calibration of a predictive model. *Terrock Consulting Engineers Report, Kalgoorlie Consolidated Gold Mines*, 37.
- Saputra, R., Yuniarti, D., & Wahyuningsih, S. 2015. *Analisis Regresi Eksponensial Berganda (Studi Kasus: Jumlah Kelahiran Bayi Di Kalimantan Timur Pada Tahun 2013 Dan 2014)*. *Jurnal Eksponensial*, 6(2), 171-178
- Syeban, N., & Syafrianto, M. K. 2019. *Kajian Batu Terbang (Fly Rock) Untuk Mengurangi Radius Aman Pada Peledakan Penambangan Granodiorit PT Total Optima Prakarsa Peniraman Kecamatan Sungai Pinyuh Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat*. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 6(3).
- Thenu, P. E. P., 2000. *Analisis hubungan powder factor terhadap jarak flyrock Pada kegiatan peledakan overburden pit 500 utara pt. Pipit Mutiara raya site sebakis*. Skripsi. Ftm. Teknik Pertambangan. Institut Teknologi nasional yogyakarta.
- Walpole, R. E., 1993. *Pengantar Statistika Edisi 3*. Jakarta: Gramedia Pustaka Tama.

\_\_\_\_\_. 2022. Departemen *Planing and Survey* PT. Kayan Putra Utama Coal,  
Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara.

## **LAMPIRAN**





## LAMPIRAN A

### SPESIFIKASI BAHAN PELEDAK DAN PERALATAN PELEDAKAN

1. Spesifikasi Bahan Peledakan

a. Fortis

Tabel A. 1 *Technical Propertis Fortis*

<i>Property</i>	<i>Fortis™ Coal S</i>	<i>Fortis™ Coal</i>	<i>Fortis™ Coal H</i>
<i>Density (g/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>1.15 – 1.25</i>		
<i>Minimum Blasthole Diameter (mm)</i>	<i>115</i>		
<i>Maximum Blasthole Depth (m)</i>	<i>50</i>		
<i>Maximum Charge Length (m)</i>	<i>45</i>		
<i>Hole Type</i>	<i>Dry, Wet or Dewatered</i>		
<i>Delivery System</i>	<i>Pumped</i>		
<i>Recommended Pentex Booster for minimum hole diameter</i>	<i>PPP</i>		
<i>Typical VOD (km/s)</i>	<i>3.7 – 6.5</i>	<i>3.7 – 6.5</i>	<i>3.7 – 6.5</i>
<i>Relative Effective Enerfy (REE)</i>			
<i>Relative Weight Strength</i>	<i>100 - 107</i>	<i>103 - 110</i>	<i>107 – 113</i>
<i>Relative Bulk Strength</i>	<i>144 – 167</i>	<i>148 - 172</i>	<i>154 – 177</i>
<i>CO<sub>2</sub> output (kg/tonne)</i>	<i>145 - 133</i>	<i>140 - 135</i>	<i>151 – 148</i>
<i>Sleep time</i>	<i>7 Days</i>		

b. *Dynamit/Senatel™ Pulsar™*



Gambar A. 1 *Snatel Pulsar*

Tabel A. 2 *Technical Properties Senatel™ Pulsar™*

<i>Product</i>	<i>Senatel™ Pulsar™</i>
<i>Density (g/cm<sup>3</sup>) <sup>(1)</sup></i>	1.20
<i>Minimum Cartridge Diameter(mm)</i>	28
<i>Hole Type</i>	<i>Wet and Dry</i>
<i>Velocity of Detonation Range (m/s) <sup>(2)</sup></i>	6050
<i>Relative Effective Energy (REE) <sup>(3)</sup></i>	
<i>Relative Weight Strength (%)</i>	134
<i>Relative Bulk Strength (%)</i>	201
<i>CO2 Output (kg/t) <sup>(4)</sup></i>	158

c. *In Hole Delay/Excel™ Milisecond Detonators*



Gambar A. 2 *Excel™ Milisecond Detonators*

Tabel A. 3 *Technical Properties Excel™ Milisecond Detonators*

<i>Signal Tube</i>		<i>Orange Exel™</i>				
<i>Outer Diameter</i>		3 mm				
<i>Nominal Tensile Strength</i>		45 kgf				
<i>Available Lengths</i>		<del>2.4, 3.6, 4.8, 6, 7.2, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 36, 66</del> m				
<i>Detonator PETN mass</i>		790 mg (#8* Strength)				
<b>Delay #</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<i>Time (ms)</i>	25	50	75	100	125	150
<b>Delay #</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<i>Time (ms)</i>	175	200	250	300	350	400
<b>Delay #</b>	<b>12 ½</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>15 ½</b>	<b>16</b>
<i>Time (ms)</i>	425	450	500	600	650	700
<b>Delay #</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>
<i>Time (ms)</i>	800	900	1000	1100	1200	1400
<b>Delay #</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
<i>Time (ms)</i>	1600	1800	2000	2400	3000	3500
<b>Delay #</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>
<i>Time (ms)</i>	4000	4500	5000	5500	6000	6500
<b>Delay #</b>	<b>35</b>	<b>36</b>				
<i>Time (ms)</i>	7500	8500				

\* Not ~~all length~~/delay combinations are available

d. *Surface Delay/Exel™ Connectadet™*



Gambar A. 3 *Exel™ Connectadet™*

Tabel A. 4 *Technical Properties Exel™ Connectadet™*

<b>Product</b>	<b>Exel™ Connectadet™</b>
<b>Signal tube</b>	<i>Pink</i>
<b>- Outer diameter (mm)</b>	<i>3.0</i>
<b>- Nominal tensile strength</b>	<i>300 N at +20°C</i>
<b>- Shock wave propagation (m/s)</b>	<i>2000 ±100</i>
<b>Hydrostatic pressure resistance</b>	<i>0.05 bar for 48 hours</i>
<b>Surface Delay Detonator</b>	<i>Low Shrapnel</i>
<b>Lead Azide Primary Charge (mg)</b>	<i>260</i>
<b>Delay Times</b>	
<b>Milliseconds</b>	<b>Connector block colour</b>
9	<i>Green</i>
17	<i>Yellow</i>
25	<i>Red</i>
33	<i>Black</i>
42	<i>White</i>
65	<i>Blue</i>
100	<i>Orange</i>

2. Spesifikasi Peralatan Peledakan

a. *Blasting Machine*



Gambar A. 4 Blasting Machine

Produk : Kobla BmM200D *Blasting Machine*  
 Power : 1,5 Volt Dry Battery x 6 pcs = 6 Volt  
 Charging Time : 4 sec

*Power Source* : DC 6V Dry Battery  
*Ourput Energy* : 16 Joules  
*Output Voltage* : DC 1500 V  
*Electric Capacity* : 15 uF  
*Size* : 195 x 95 x 175 mm  
*Weight* : 2100 g

b. *Blasting Ohm Meter* – Kobla XR-III



Gambar A. 5 *Blasting Ohm Meter* – Kobla XR-III

**Model** : Kobla XR3  
**Power source** : DC 9 Volts DryCell  
**Responce** : 2 reading per second  
**Output Voltage** : 0,5v  
**Allowance** :  $\pm 1\%$   
**Resolution** : 3,5 digit (0-2000 Ohm)  
**Output Current** : 0,15mA  
**Operating Temperature** :  $- 0 - +40^{\circ}\text{C}$   
**Size** : 78 x 100 x 33 (mm)

**Weight** : 205g

c. *Lead Wire*

**Produk** : *Lead Wire*

**Ukuran** : 2 x 0,6 mm

**Panjang Gulungan** : ± 100 m

d. *GPSMap 62S*

**Unit dimensions, WxHxD** : 2.4" x 6.3" x 1.4" (6.1 x 16.0 x 3.6 cm)

**Display size, WxH** : 1.43" x 2.15" (3.6 x 5.5 cm); 2.6" diag  
(6.6cm)

**Display resolution, WxH** : 160 x 240 pixels

**Display type** : *transflective, 65-K color TFT*

**Weight** : 9.2 oz (260.1 g) with batteries

**Battery** : 2 AA batteries (not included); NiMH or  
*Lithium recommended*

**Battery life** : 20 hours

**Waterproof** : yes (IPX7)

**Floats** : no

**High-sensitivity receiver** : yes

**Interface** : *high-speed USB and NMEA 0183  
compatible*

**LAMPIRAN B**  
**SPESIFIKASI ALAT BOR**



Gambar B. 1 *Atlas Copco DM45*

Tabel B. 1 *Technical Data DM45*

<i>Drilling Method</i>	<i>Rotary or DTH Multi pass</i>	
<i>Hole Diameter</i>	<i>5 7/8 in – 9 in</i>	<i>149 mm – 229 mm</i>
<i>Hydraulic Pulldown</i>	<i>45,000 lbf</i>	<i>200 kN</i>
<i>Weight on bit</i>	<i>45,000 lb</i>	<i>20,400 kg</i>
<i>Hydraulic Pullback</i>	<i>22,000 lbf</i>	<i>98 kN</i>
<i>Single pass depth</i>	<i>27 ft 5 in</i>	<i>8.5 m</i>
<i>Maximum hole depth</i>	<i>175 ft</i>	<i>53.3 m</i>
<i>Feed speed</i>	<i>146 ft/min</i>	<i>0.7 m/s</i>
<i>Rotary head, torque</i>	<i>7,200 lbf•ft</i>	<i>9,76 kNm</i>
<i>Estimated weight</i>	<i>77,000 lb 95,000 lb</i>	<i>35 tonnes 41 tonnes</i>

<i>Dimensions Tower Up</i>		
<i>Length</i>	<i>31 ft 10 in</i>	<i>9.7 m</i>
<i>Height</i>	<i>43 ft 7 in</i>	<i>13.3 m</i>
<i>Width</i>	<i>17 ft 2 in</i>	<i>5.23 m</i>

<i>Drill pipe diameter</i>	<i>Suggested bit diameters</i>	<i>Thread</i>
<i>4 1/2" (114 mm)</i>	<i>5 7/8" – 6 3/4"</i>	<i>3 1/2" API</i>
<i>5" (127 mm)</i>	<i>16 3/4" – 7 3/8"</i>	<i>3 1/2" API or BECO</i>
<i>5 1/2" (140 mm)</i>	<i>6 3/4" – 7 7/8"</i>	<i>3 1/2" BECO</i>
<i>6 1/4" (159 mm)</i>	<i>7 7/8" – 9"</i>	<i>4" BECO</i>
<i>7" (178 mm)</i>	<i>9"</i>	<i>4 1/2" BECO</i>



## LAMPIRAN C

### PENGUKURAN LEMPARAN AKTUAL FLYROCK

A.1 Menentukan jarak aktual *flyrock* dengan rumus pitagoras:

$$L = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Dimana:

$L$  = *Flyrock*

$X_1$  = Koordinat horizontal titik peledakan

$X_2$  = Koordinat horizontal titik *Flyrock*

$Y_1$  = Koordinat vertikal titik peledakan

$Y_2$  = Koordinat vertikal titik *Flyrock*

Contoh perhitungan pada tanggal 14 April 2022:

$X_1$  = 442198

$X_2$  = 342595

$Y_1$  = 442345

$Y_2$  = 341690

$$L = \sqrt{(442198 - 442345)^2 + (342595 - 341690)^2}$$

$L = 175.03$  m

Tabel C. 1 Data Pengukuran Lemparan Maksimum Flyrock Aktual

No	Tanggal	Lokasi	Koordinat Titik Peledakan		Koordinat Flyrock		<i>Flyrock</i> Aktual (m)
			X	Y	X	Y	
1	14/04/22	Pit. Seturan	442198	342595	442345	341690	175.03
2	15/04/22	Pit. Seturan	442040	341369	442193	341502	205.76
3	25/04/22	Pit. Seturan	440934	340525	440797	340408	122.41
4	13/05/22	Pit. Seturan	442286	341156	442202	341232	113.29
5	17/05/22	Pit. Seturan	442141	341225	442136	341205	106.89
6	21/05/22	Pit. Seturan	442295	341302	442379	341370	108.07
7	23/05/22	Pit. Seturan	442015	341225	442066	341257	60.21
8	24/05/22	Pit. Seturan	441819	341397	441031	341031	219
9	25/05/22	Pit. Seturan	442211	341595	442345	341690	130.17
10	29/05/22	Pit. Seturan	440977	340599	442193	340457	198.17
11	3/6/2022	Pit. Seturan	442037	341368	442193	341503	206.3
12	6/6/2022	Pit. Seturan	442169	341302	442221	341275	58.59

## LAMPIRAN D

### PERHITUNGAN JARAK FLYROCK TEORI

#### D.1 Menentukan jarak teori *flyrock* dengan rumus Ebrahim Gashemi

*Flyrock distance* (Fd) didapat berdasarkan nilai lemparan aktual terjauh. Jarak *burden* didapatkan dengan mengukur jarak rata-rata antar *burden*. Jarak spasi (S) didapatkan dengan mengukur jarak rata-rata sepasi lubang ledak. Tinggi *stemming* (St) didapatkan dengan mengukur rata-rata tinggi *stemming*. Kedalaman lubang ledak (H) didapatkan berdasarkan rata-rata kedalaman lubang ledak setiap lokasi peledakan. Diameter (D) lubang ledak sesuai dengan diameter bor. *Powder factor* (P) didapatkan berdasarkan jumlah bahan peledak yang digunakan dibagi volume batuan yang diledakkan. Isian rata-rata per lubang ledak (Q) dihitung dengan menjumlahkan total berat bahan peledak dibagi jumlah lubang ledak.

Tabel D. 1 Nilai Parameter *Flyrock* Rumus Ebrahim Ghasemi

No	FD	B	S	St	H	D	P	Q	P/Q	(P/Q) <sup>1/3</sup>
1	175.03	8	10.6	4.01	7225.000	0.2	0.19	116.39	0.001632	0.1177
2	205.76	8	10.6	3.71	6.677.78	0.2	0.19	107.58	0.001766	0.1209
3	122.41	8	10.6	4.61	8.122.97	0.2	0.18	127.21	0.001415	0.1123
4	113.29	8	10.6	4.12	7.264.86	0.2	0.18	113.77	0.001582	0.1165
5	106.89	8	10.6	4.47	8.441.18	0.2	0.18	143.82	0.001252	0.1078
6	108.07	8	10.6	4.83	8.512.50	0.2	0.18	133.31	0.001350	0.1105
7	60.21	8	10.6	4.75	7.854.17	0.2	0.17	112.55	0.001510	0.1188
8	219.00	8	10.6	4.11	7.780.26	0.2	0.2	133.12	0.001502	0.1145
9	130.17	8	10.6	4.25	8.054.10	0.2	0.2	137.81	0.001451	0.1132
10	198.17	8	10.6	3.68	6.977.55	0.2	0.2	119.39	0.001675	0.1188
11	206.30	8	10.6	4.54	8.175.56	0.2	0.19	131.71	0.001443	0.1130
12	58.59	8	10.6	5.23	8.673.81	0.2	0.17	124.69	0.001363	0.1109

Tabel D. 2 Pendekatan Parameter Dimensional Flyrock

$Y(FD(P/Q))^{1/3}$	$X1(B(P/Q))^{1/3}$	$X2(S(P/Q))^{1/3}$	$X3(S_t(P/Q))^{1/3}$	$X4(H(P/Q))^{1/3}$	$X5(D(P/Q))^{1/3}$
20.60	0.94	1.25	0.47	850.38	0.02
24.88	0.97	1.28	0.45	0.81	0.02
13.74	0.90	1.19	0.52	0.91	0.02
13.20	0.93	1.23	0.48	0.85	0.02
11.52	0.86	1.14	0.48	0.91	0.02
11.94	0.88	1.17	0.53	0.94	0.02
7.15	0.95	1.26	0.56	0.93	0.02
25.08	0.92	1.21	0.47	0.89	0.02
14.74	0.91	1.20	0.48	0.91	0.02
23.54	0.95	1.26	0.44	0.83	0.02
23.31	0.90	1.20	0.51	0.92	0.02
6.50	0.89	1.18	0.58	0.96	0.02

Tabel D. 3 Pendekatan Parameter Dimensional Flyrock

No	Y	X1	X2	X3	X4	X5	x1.x2	x1.x3	x1.x4
1	3.03	-0.06	0.22	-0.75	6.75	-3.75	-0.01	0.05	-0.41
2	3.21	-0.03	0.25	-0.80	-0.21	-3.72	-0.01	0.03	0.01
3	2.62	-0.11	0.17	-0.66	-0.09	-3.80	-0.02	0.07	0.01
4	2.58	-0.07	0.21	-0.73	-0.17	-3.76	-0.01	0.05	0.01
5	2.44	-0.15	0.13	-0.73	-0.09	-3.84	-0.02	0.11	0.01
6	2.48	-0.12	0.16	-0.63	-0.06	-3.81	-0.02	0.08	0.01
7	1.97	-0.05	0.23	-0.57	-0.07	-3.74	-0.01	0.03	0.00
8	3.22	-0.09	0.19	-0.75	-0.12	-3.78	-0.02	0.07	0.01
9	2.69	-0.10	0.18	-0.73	-0.09	-3.79	-0.02	0.07	0.01
10	3.16	-0.05	0.23	-0.83	-0.19	-3.74	-0.01	0.04	0.01
11	3.15	-0.10	0.18	-0.67	-0.08	-3.79	-0.02	0.07	0.01
12	1.87	-0.12	0.16	-0.54	-0.04	-3.81	-0.02	0.07	0.00
Jumlah	32.42	-1.05	2.33	-8.40	5.53	-45.32	-0.19	0.72	-0.31

Lanjutan Tabel D.3

No	x1.x5	x2.x3	x2.x4	x2.x5	x3.x4	x3.x5	x4.x5
1	0.23	-0.17	1.49	-0.83	-5.06	2.81	-25.29
2	0.12	-0.20	-0.05	-0.92	0.17	2.99	0.80
3	0.41	-0.11	-0.02	-0.66	0.06	2.50	0.35
4	0.26	-0.15	-0.04	-0.79	0.12	2.76	0.63
5	0.57	-0.10	-0.01	-0.51	0.07	2.80	0.36
6	0.47	-0.10	-0.01	-0.60	0.04	2.39	0.23
7	0.19	-0.13	-0.02	-0.86	0.04	2.14	0.26
8	0.33	-0.15	-0.02	-0.73	0.09	2.85	0.44
9	0.38	-0.13	-0.02	-0.69	0.07	2.77	0.35
10	0.19	-0.19	-0.04	-0.86	0.16	3.09	0.70
11	0.38	-0.12	-0.01	-0.68	0.05	2.53	0.30
12	0.46	-0.09	-0.01	-0.62	0.02	2.07	0.15
Jumlah	3.99	-1.64	1.25	-8.77	-4.18	31.70	-20.73

Lanjutan Tabel D.3

No	x1.x1	x2.x2	x3.x3	x4.x4	x5.x5
1	0.00	0.05	0.56	45.50	14.06
2	0.00	0.06	0.64	0.05	13.85
3	0.01	0.03	0.43	0.01	14.41
4	0.00	0.04	0.54	0.03	14.13
5	0.02	0.02	0.53	0.01	14.72
6	0.02	0.03	0.39	0.00	14.53
7	0.00	0.05	0.33	0.00	13.99
8	0.01	0.04	0.57	0.01	14.26
9	0.01	0.03	0.54	0.01	14.35
10	0.00	0.05	0.68	0.04	13.99
11	0.01	0.03	0.45	0.01	14.36
12	0.01	0.03	0.30	0.00	14.51
Jumlah	0.11	0.46	5.96	45.67	171.16

Lanjutan Tabel B.3

No	y.y	y.x1	y.x2	y.x3	y.x4	y.x5
1	9.15	-0.18	0.67	-2.27	20.41	-11.35
2	10.33	-0.11	0.80	-2.58	-0.69	-11.96
3	6.87	-0.28	0.46	-1.72	-0.24	-9.95
4	6.66	-0.18	0.54	-1.89	-0.43	-9.70
5	5.97	-0.36	0.33	-1.78	-0.23	-9.38
6	6.15	-0.31	0.39	-1.56	-0.15	-9.45
7	3.87	-0.10	0.45	-1.13	-0.14	-7.36
8	10.38	-0.28	0.62	-2.43	-0.37	-12.17
9	7.24	-0.27	0.49	-1.97	-0.25	-10.19
10	9.98	-0.16	0.73	-2.61	-0.59	-11.81
11	9.92	-0.32	0.57	-2.10	-0.25	-11.93
12	3.50	-0.22	0.30	-1.02	-0.07	-7.13
Jumlah	90.02	-2.77	6.35	-23.06	17.00	-122.38

Perhitungan nilai X dan Y dimasukan kedalam rumus determinan menggunakan rumus determinan:

$$A_0 = \begin{bmatrix} \sum(Y) & \sum X_1 & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum(X_1.Y) & \sum(X_1.X_1) & \sum(X_1.X_2) & \sum(X_1.X_3) \\ \sum(X_2.Y) & \sum(X_2.X_1) & \sum(X_2.X_2) & \sum(X_2.X_3) \\ \sum(X_3.Y) & \sum(X_3.X_1) & \sum(X_3.X_2) & \sum(X_3.X_3) \end{bmatrix}$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} N & \sum(Y) & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum X_1 & \sum(X_1.Y) & \sum(X_1.X_2) & \sum(X_1.X_3) \\ \sum X_2 & \sum(X_2.Y) & \sum(X_2.X_2) & \sum(X_2.X_3) \\ \sum X_3 & \sum(X_3.Y) & \sum(X_3.X_2) & \sum(X_3.X_3) \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} N & \sum X_1 & \sum(Y) & \sum X_3 \\ \sum X_1 & \sum(X_1.X_1) & \sum(X_1.Y) & \sum(X_1.X_3) \\ \sum X_2 & \sum(X_2.X_1) & \sum(X_2.Y) & \sum(X_2.X_3) \\ \sum X_3 & \sum(X_3.X_1) & \sum(X_3.Y) & \sum(X_3.X_3) \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} N & \sum X_1 & \sum X_2 & \sum(Y) \\ \sum X_1 & \sum(X_1.X_1) & \sum(X_1.X_2) & \sum(X_1.Y) \\ \sum X_2 & \sum(X_2.X_1) & \sum(X_2.X_2) & \sum(X_2.Y) \\ \sum X_3 & \sum(X_3.X_1) & \sum(X_3.X_2) & \sum(X_3.Y) \end{bmatrix}$$

Keterangan:

$\Sigma Y$  : Jumlah data Y

$\Sigma X$  : Jumlah data X

$\Sigma X.Y$  : Jumlah data XY

$\Sigma X.X$  : Jumlah data X.X

$\Sigma Y.Y$  : Jumlah data XX

Nilai a, b, c, d, dan f didapat dengan rumus:

$$a = \frac{Det (A0)}{Det (A)}$$

$$b1 = \frac{Det (A1)}{Det (A)}$$

$$b2 = \frac{Det (A2)}{Det (A)}$$

$$b3 = \frac{Det (A3)}{Det (A)}$$

$$b4 = \frac{Det (A4)}{Det (A)}$$

$$b5 = \frac{Det (A5)}{Det (A)}$$

$$Det A \begin{pmatrix} 12 & -1.05 & 2.33 & -8.40 & 5.53 & -45.32 \\ -0.05 & 0.11 & -0.19 & 0.72 & -0.31 & 3.99 \\ 2.33 & -0.19 & 0.46 & -1.64 & 1.25 & -8.77 \\ -8.40 & 0.72 & -1.64 & 5.96 & -4.18 & 31.70 \\ -5.53 & -0.31 & 1.25 & -4.18 & 45.57 & -20.73 \\ -45.32 & 3.99 & -8.77 & 31.70 & -20.73 & 171.16 \end{pmatrix} = -0.00000850025$$

$$Det A0 \begin{pmatrix} 32.42 & -1.05 & 2.33 & -8.40 & 5.53 & -45.32 \\ -2.77 & 0.11 & -0.19 & 0.72 & -0.31 & 3.99 \\ 6.35 & -0.19 & 0.46 & -1.64 & 1.25 & -8.77 \\ -23.06 & 0.72 & -1.64 & 5.96 & -4.18 & 31.70 \\ 17 & -0.31 & 1.25 & -4.18 & 45.57 & -20.73 \\ -122.38 & 3.99 & -8.77 & 31.70 & -20.73 & 171.16 \end{pmatrix} = 0.00000186844$$

$$Det A1 \begin{pmatrix} 12 & 32.42 & 2.33 & -8.40 & 5.53 & -45.32 \\ -0.05 & -2.77 & -0.19 & 0.72 & -0.31 & 3.99 \\ 2.33 & 6.35 & 0.46 & -1.64 & 1.25 & -8.77 \\ -8.40 & -23.06 & -1.64 & 5.96 & -4.18 & 31.70 \\ -5.53 & 17 & 1.25 & -4.18 & 45.57 & -20.73 \\ -45.32 & -122.38 & -8.77 & 31.70 & -20.73 & 171.16 \end{pmatrix} = -0.00002685344$$

$$Det A2 \begin{pmatrix} 12 & -1.05 & 32.42 & -8.40 & 5.53 & -45.32 \\ -0.05 & 0.11 & -2.77 & 0.72 & -0.31 & 3.99 \\ 2.33 & -0.19 & 6.35 & -1.64 & 1.25 & -8.77 \\ -8.40 & 0.72 & -23.06 & 5.96 & -4.18 & 31.70 \\ -5.53 & -0.31 & 17 & -4.18 & 45.57 & -20.73 \\ -45.32 & 3.99 & -122.38 & 31.70 & -20.73 & 171.16 \end{pmatrix} = 0.00003324443$$

$$Det A3 \begin{pmatrix} 12 & -1.05 & 2.33 & 32.42 & 5.53 & -45.32 \\ -0.05 & 0.11 & -0.19 & -2.77 & -0.31 & 3.99 \\ 2.33 & -0.19 & 0.46 & 6.35 & 1.25 & -8.77 \\ -8.40 & 0.72 & -1.64 & -23.06 & -4.18 & 31.70 \\ -5.53 & -0.31 & 1.25 & 17 & 45.57 & -20.73 \\ -45.32 & 3.99 & -8.77 & -122.38 & -20.73 & 171.16 \end{pmatrix} = 0.00003906080$$

$$Det A4 \begin{pmatrix} 12 & -1.05 & 2.33 & -8.40 & 32.42 & -45.32 \\ -0.05 & 0.11 & -0.19 & 0.72 & -2.77 & 3.99 \\ 2.33 & -0.19 & 0.46 & -1.64 & 6.35 & -8.77 \\ -8.40 & 0.72 & -1.64 & 5.96 & -23.06 & 31.70 \\ -5.53 & -0.31 & 1.25 & -4.18 & 17 & -20.73 \\ -45.32 & 3.99 & -8.77 & 31.70 & -122.38 & 171.16 \end{pmatrix} = -0.00000016211$$

$$Det A5 \begin{pmatrix} 12 & -1.05 & 2.33 & -8.40 & 5.53 & 32.42 \\ -0.05 & 0.11 & -0.19 & 0.72 & -0.31 & -2.77 \\ 2.33 & -0.19 & 0.46 & -1.64 & 1.25 & 6.35 \\ -8.40 & 0.72 & -1.64 & 5.96 & -4.18 & -23.73 \\ -5.53 & -0.31 & 1.25 & -4.18 & 45.57 & 17 \\ -45.32 & 3.99 & -8.77 & 31.70 & -20.73 & -122.38 \end{pmatrix} = 0.00000164650$$

$$a = 0.00000186844 / -0.00000850025 = -0.21981$$

$$b = -0.00002685344 / -0.00000850025 = 3.1591$$

$$c = 0.00003324443 / -0.00000850025 = -3.9110$$

$$d = 0.00003906080 / -0.00000850025 = -4.5953$$

$$e = -0.00000016211 / -0.00000850025 = 0.0191$$

$$f = 0.00000164650 / -0.00000850025 = -0.1937$$

$$a = e^{-0.21981}$$

$$= 0.9840$$

$$F_d = 0.8027 B^{3.15914} S^{-3.9110} St^{-4.5953} H^{0.0191} D^{-0.1937} \left(\frac{P}{Q}\right)^{(3.15914/3)+(-3.9110/3)+(-4.5953/3)+(0.0191/3)+(-0.1937/3)-(1/3)}$$

$$F_d = 0.8027 B^{3.15914} S^{-3.9110} St^{-4.5953} H^{0.0191} D^{-0.1937} (P/Q)^{-2.1739}$$

$F_d$  = flyrock distance (m),

$B$  = Burden (m)

$S$  = Spasi

$St$  = Stemming (m)

$H$  = Kedalaman lubang ledak (m)

$D$  = Diameter lubang ledak (m)

$P$  = Powder factor (kg/m<sup>3</sup>)

$Q$  = Isian rata-rata per lubang ledak (kg)

$$175.03 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.01^{-4.5953} 7.23^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.19/116.39)^{-2.1739}$$

$$= 153.71 \text{ m}$$

$$205.76 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 3.71^{-4.5953} 6.68^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.19/107.58)^{-2.1739}$$

$$= 184.90$$

$$122.41 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.61^{-4.5953} 8.12^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.18/127.21)^{-2.1739}$$

$$= 110.76$$

$$113.29 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.12^{-4.5953} 7.26^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.18/113.77)^{-2.1739}$$

$$= 145.34$$

$$106.89 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.47^{-4.5953} 8.44^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.18/143.82)^{-2.1739}$$

$$= 166.77 \text{ m}$$

$$108.07 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.83^{-4.5953} 8.51^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.18/133.31)^{-2.1739}$$

$$= 99.07 \text{ m}$$

$$60.21 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.75^{-4.5953} 7.85^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.17/112.12)^{-2.1739}$$

$$= 112.97 \text{ m}$$

$$219 \text{ m} = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.11^{-4.5953} 7.78^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.20/133.12)^{-2.1739}$$

$$= 164.64 \text{ m}$$

$$130.17 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.25^{-4.5953} 8.05^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.19/137.81)^{-2.1739}$$

$$= 152.29 \text{ m}$$

$$198.17 = 0.8027 8^{3.15914} 10.6^{-3.9110} 4.68^{-4.5953} 6.98^{0.0191} 0.2^{-0.1937} (0.19/119.39)^{-2.1739}$$



$$= 215.48 \text{ m}$$

$$206.30 \text{ m} = 0.8027 \cdot 8^{3.15914} \cdot 10.6^{-3.9110} \cdot 4.54^{-4.5953} \cdot 8.18^{0.0191} \cdot 0.2^{-0.1937} \cdot (0.19/131.71)^{-2.1739}$$

$$= 113.96 \text{ m}$$

$$58.59 \text{ m} = 0.8027 \cdot 8^{3.15914} \cdot 10.6^{-3.9110} \cdot 5.23^{-4.5953} \cdot 8.67^{0.0191} \cdot 0.2^{-0.1937} \cdot (0.17/124.69)^{-2.1739}$$

$$= 67.32 \text{ m}$$

## D.2 Perhitungan Berdasarkan Teori Adrian J. Moore & Alan B. Richard

Berdasarkan model perhitungan teori Adrian J. Moore & Alan B. Richard.

Lemparan maksimum *flyrock* baik yang terjadi karena *faceburst* maupun *cratering* dapat dihitung dengan rumus berikut:

Cratering

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

Dimana :

L = Lemparan Maksimal (m)

k = Konstanta

g = Percepatan Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

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

SH = *Stemming Height* (m)

Contoh perhitungan konstanta, L<sub>max</sub> 175. 17 m, isian bahan peledak per meter 36.23 kg/m, dan tinggi *stemming* 4.01 m

$$k = \sqrt{\frac{175.03 \times 9.8}{\left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.01} \right)^{2.6}}}$$

$$= 24.44$$

Tabel D. 4 Perhitungan Konstantan

No	Tanggal	Flyrock (m)	SH (m)	Konstanta
1	14/04/22	175.03	4.01	24.43
2	15/04/22	205.76	3.71	23.94
3	25/04/22	122.41	4.61	24.48
4	13/05/22	113.29	4.12	20.36
5	17/05/22	106.89	4.47	21.98
6	21/05/22	108.07	4.83	24.45
7	23/05/22	60.21	4.75	15.54
8	24/05/22	219	4.11	28.21
9	25/05/22	130.17	4.25	22.72
10	29/05/22	198.17	3.68	23.26
11	03/6/2022	206.3	4.54	31.16
12	06/6/2022	58.59	5.23	19.96

Perhitungan prediksi Cratering:

14 - April -2022

$$175.03 \text{ m} = \frac{24.44}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.01 \text{ m}} \right)^{2.6} = 175.22 \text{ m}$$

15 – April - 2022

$$205.76 \text{ m} = \frac{23.94}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{3.71 \text{ m}} \right)^{2.6} = 205.80 \text{ m}$$

25 – April - 2022

$$122.41 \text{ m} = \frac{24.48^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.61 \text{ m}} \right)^{2.6} = 122.34 \text{ m}$$

13 – Mei - 2022

$$113.29 \text{ m} = \frac{20.36^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.12 \text{ m}} \right)^{2.6} = 113.34 \text{ m}$$

17 – Mei - 2022

$$106.89 \text{ m} = \frac{21.98^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.47 \text{ m}} \right)^{2.6} = 106.86 \text{ m}$$

21 – Mei - 2022

$$108.07 \text{ m} = \frac{24.45^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.83 \text{ m}} \right)^{2.6} = 108.11 \text{ m}$$

23 – Mei - 2022

$$60.21 \text{ m} = \frac{15.54^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.74 \text{ m}} \right)^{2.6} = 45.86 \text{ m}$$

24 – Mei - 2022

$$219 = \frac{28.21^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.11 \text{ m}} \right)^{2.6} = 218.98 \text{ m}$$

25 – Mei - 2022

$$130.17 \text{ m} = \frac{22.72^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.25 \text{ m}} \right)^{2.6} = 130.19 \text{ m}$$

29 – Mei - 2022

$$198.17 \text{ m} = \frac{23.26^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{3.68 \text{ m}} \right)^{2.6} = 198.42 \text{ m}$$

03 – Juni - 2022

$$206.30 \text{ m} = \frac{31.16^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{4.54 \text{ m}} \right)^{2.6} = 206.26 \text{ m}$$

06 – Mei - 2022

$$58.59 \text{ m} = \frac{24.45^2}{9.8 \text{ m/s}^2} \left( \frac{\sqrt{36.23}}{5.23 \text{ m}} \right)^{2.6} = 58.58 \text{ m}$$

**LAMPIRAN E**  
**PERHITUNGAN STANDAR DEVIASI**

**E.1 Perhitungan Standar Deviasi Teori Ebrahim Ghasemi**

Tabel E. 1 Perhitungan Standar Deviasi Teori Ebrahim Ghasemi

No	Tanggal	Lokasi	Y (Aktual)	X (Prediksi)	X-Y	X-Y <sup>2</sup>
1	14/04/22	Pit. Seturan	175.03	153.71	-21.32	454.5424
2	15/04/22	Pit. Seturan	205.76	184.9	-20.86	435.1396
3	25/04/22	Pit. Seturan	122.41	110.76	-11.62	135.0244
4	13/05/22	Pit. Seturan	113.29	145.34	32.05	1027.2025
5	17/05/22	Pit. Seturan	106.89	166.77	59.88	3585.6144
6	21/05/22	Pit. Seturan	108.07	99.07	-9	81
7	23/05/22	Pit. Seturan	60.21	112.97	52.76	2783.6176
8	24/05/22	Pit. Seturan	219	164.64	-54.36	2955.0096
9	25/05/22	Pit. Seturan	130.17	152.29	22.12	489.2944
10	29/05/22	Pit. Seturan	198.17	215.48	17.31	299.6361
11	3/6/2022	Pit. Seturan	206.3	113.96	-92.34	8526.6756
12	6/6/2022	Pit. Seturan	58.59	67.32	8.73	76.2129
Jumlah						20848.97

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi} &= \sqrt{\frac{20848.97}{12-1}} \\ &= 43.54 \end{aligned}$$

**E.2 Perhitungan Sstandar Deviasi Teori Richard & Moore**

a) *Cratering*

Tabel E. 2 Perhitungan Standar Deviasi Cratering

No	Tanggal	Lokasi	Y (Aktual)	X (Prediksi)	X-Y	X-Y <sup>2</sup>
1	14/04/22	Pit. Seturan	175.03	175.22	0.19	0.0361
2	15/04/22	Pit. Seturan	205.76	205.8	0.04	0.0016
3	25/04/22	Pit. Seturan	122.41	122.34	-0.04	0.0016
4	13/05/22	Pit. Seturan	113.29	113.34	0.05	0.0025
5	17/05/22	Pit. Seturan	106.89	106.86	-0.03	0.0009
6	21/05/22	Pit. Seturan	108.07	108.11	0.04	0.0016
7	23/05/22	Pit. Seturan	60.21	45.86	-14.35	205.9225
8	24/05/22	Pit. Seturan	219	218.98	-0.02	0.0004

Lanjutan Tabel E.2

9	25/05/22	Pit. Seturan	130.17	130.19	0.02	0.0004
10	29/05/22	Pit. Seturan	198.17	198.43	0.26	0.0676
11	3/6/2022	Pit. Seturan	206.3	206.26	-0.04	0.0016
12	6/6/2022	Pit. Seturan	58.59	58.58	-0.01	0.0001
Jumlah						206.0369

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi} &= \sqrt{\frac{206.0369}{12-1}} \\ &= 4.33 \end{aligned}$$

**LAMPIRAN F**  
**PERHITUNGAN PERSEN ERROR**

**F.1 Perhitungan Standar Deviasi Teori Ebrahim Ghasemi**

Tabel F. 1 Perhitungan Standar Deviasi Teori Ebrahim Ghasemi

No	Tanggal	Lokasi	Y (Aktual)	X (Prediksi)	$(1-X/Y)*100\%$
1	14/04/22	Pit. Seturan	175.03	153.71	12.18076901
2	15/04/22	Pit. Seturan	205.76	184.9	10.13802488
3	25/04/22	Pit. Seturan	122.41	110.76	9.495015525
4	13/05/22	Pit. Seturan	113.29	145.34	-28.29022862
5	17/05/22	Pit. Seturan	106.89	166.77	-56.02020769
6	21/05/22	Pit. Seturan	108.07	99.07	8.327935597
7	23/05/22	Pit. Seturan	60.21	112.97	-87.62664009
8	24/05/22	Pit. Seturan	219	164.64	24.82191781
9	25/05/22	Pit. Seturan	130.17	152.29	-16.99316279
10	29/05/22	Pit. Seturan	198.17	215.48	-8.73492456
11	3/6/2022	Pit. Seturan	206.3	113.96	44.76005817
12	6/6/2022	Pit. Seturan	58.59	67.32	-14.90015361
Rata-rata					-8.57013303

**F.2 Perhitungan Persen Error Teori Richard & Moore (Cratering)**

Tabel F. 2 Perhitungan Persen Error Cratering

No	Tanggal	Lokasi	Y (Aktual)	X (Prediksi)	$(1-X/Y)*100\%$
1	14/04/22	Pit. Seturan	175.03	175.22	-0.10855282
2	15/04/22	Pit. Seturan	205.76	205.8	-0.01944012
3	25/04/22	Pit. Seturan	122.41	122.34	0.032685079
4	13/05/22	Pit. Seturan	113.29	113.34	-0.04413452
5	17/05/22	Pit. Seturan	106.89	106.86	0.028066236
6	21/05/22	Pit. Seturan	108.07	108.11	-0.03701305
7	23/05/22	Pit. Seturan	60.21	45.86	23.83325029
8	24/05/22	Pit. Seturan	219	218.98	0.00913242
9	25/05/22	Pit. Seturan	130.17	130.19	-0.01536452
10	29/05/22	Pit. Seturan	198.17	198.43	-0.13120048
11	3/6/2022	Pit. Seturan	206.3	206.26	0.019389239
12	6/6/2022	Pit. Seturan	58.59	58.58	0.017067759
Rata-rata					1.965323792

LAMPIRAN G

SERTIFIKAT PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

