

**ANALISIS PENERAPAN *BOTTOM AIR DECK* PADA
PELEDAKAN DI PIT C WEST DI PT. BUKIT MAKMUR
MANDIRI UTAMA *JOBSITE* BINSUA DESA PEGAT BUKUR
KECAMATAN SAMBALIUNG KABUPATEN BERAU
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI



OLEH:

JAKA BUGIS HANDOKO

DBD 114 048

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

**ANALISIS PENERAPAN *BOTTOM AIR DECK* PADA
PELEDAKAN DI PIT C WEST DI PT. BUKIT MAKMUR
MANDIRI UTAMA *JOBSITE* BINSUA DESA PEGAT BUKUR
KECAMATAN SAMBALIUNG KABUPATEN BERAU
PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan Teknik Pertambangan**



OLEH:

**JAKA BUGIS HANDOKO
DBD 114 048**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
2021**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : JAKA BUGIS HANDOKO
NIM : DBD 114 048
JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

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

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat, sadar tanpa ada tekanan dan paksaan dari siapa pun.

Palangka Raya, 17 Maret 2021



Penulis,

JAKA BUGIS HANDOKO
DBD 114 048

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**ANALISIS PENERAPAN BOTTOM AIRDECK PADA PELEDAKAN DI PIT C WEST DI PT.
BUKIT MAKMUR MANDIRI UTAMA JOBSITE BINSUA DESA PEGAT BUKUR
KECAMATAN SAMBALIUNG KABUPATEN BERAU PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

Oleh

JAKA BUGIS HANDOKO
DBD 114 048

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada
Hari/Tanggal : Rabu, 17 Maret 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Tim Dosen Penguji,

1. **HEPRYANDI LUWYK DJANAS USUP. S.T., M.T.**
NIP. 19810211 200604 1 001
2. **YOSSA YONATHAN HUTAJULU, S.T., M.T**
NIP. 19841022 201504 1 001
3. **FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T**
NIP. 19791215 200812 1 001
4. **LISA VIRGIYANTI, S.T., M.T**
NIP. 19770904 200801 2 011
5. **DODY ARIYANTHO KUSMA WIJAYA, S.Hut., M.Si**
NIP. 19831207 201212 1 001

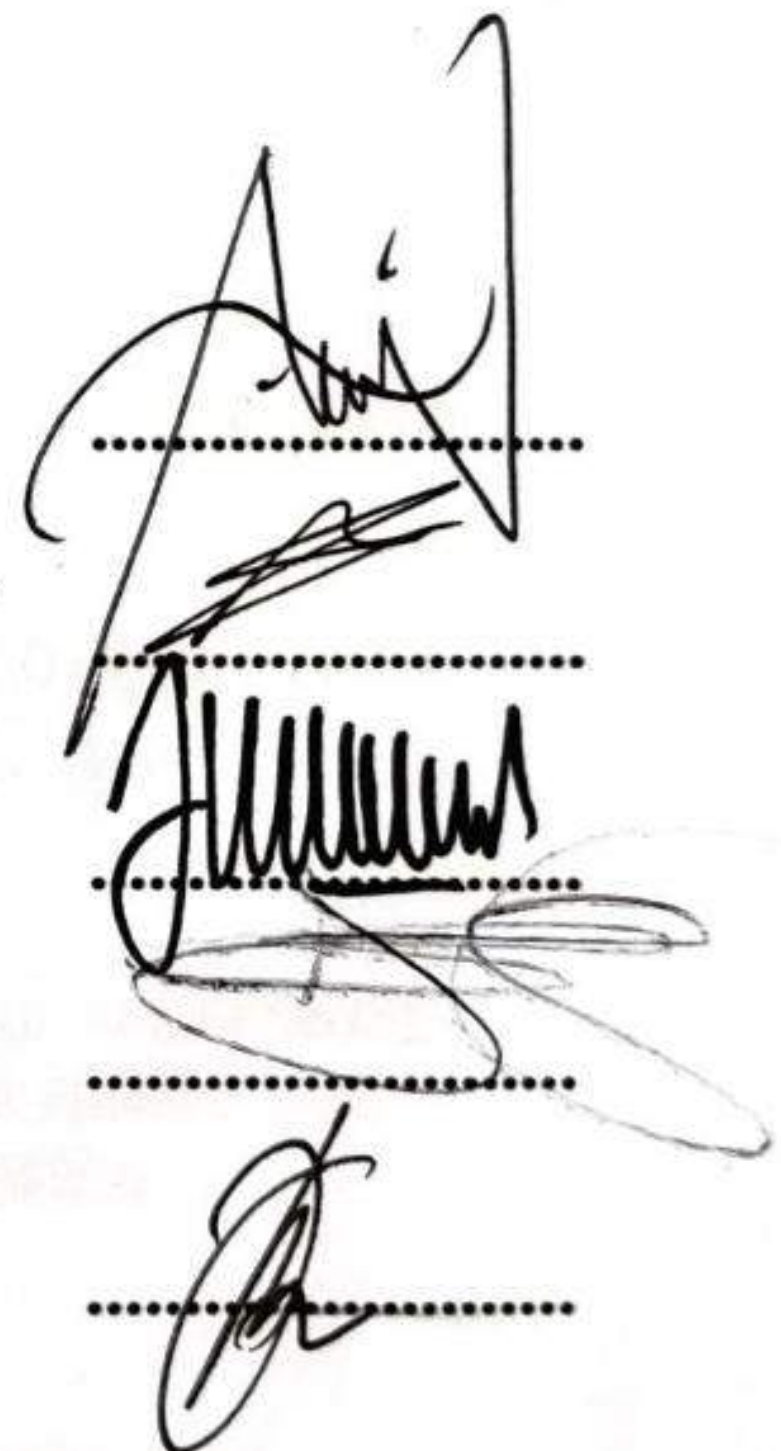
Ketua

Sekretaris

Anggota

Anggota

Anggota



**Mengetahui,
Dekan
Fakultas Teknik**

Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T
NIP. 19651119 199302 1 001

**Menyetujui,
Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan**

Fahrul Indrajaya, S.T., M.T
NIP. 19791215 200812 1 001

HALAMAN PERSEMBAHAN



Skripsi Ini Saya Persembahkan Kepada :

Keluarga Tercinta, Ibunda, Ayahanda dan Eka Indriyani yang selalu memberikan dukungan sepenuh hati, kasih sayang, semangat dan doa dalam pengerjaan laporan Skripsi ini.

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binsua sebagai tempat berbagi ilmu dan pengetahuan dan staf dari *section engineering* khususnya kepada *section drill and blast*

Dosen dan Staf Dosen Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya, terima kasih selalu membantu penulisan dan pengurusan laporan Skripsi.

Teman – teman Jurusan Teknik Pertambangan Angkatan 2014 dan AAA Squad (Andy Irwansyah, Yandi Prayoga, Gustav Stefano Soan, Yosua Andica Tumakaka, Fahrul Rizal, Indra Simanjuntak).

**SEMPURNAKANLAH IKHTIAR DAN JANGANLAH MENJADI
TAKABUR MANA KALA ITU BERBUAH SUKSES KARENA
SUKSES ADALAH KARUNIA ALLOH SEMATA**

ABDULLAH GYMNASIAR

BARANG SIAPA YANG TIDAK MAU MERASAKAN
PAHITNYA BELAJAR, MAKA DIA AKAN MERASAKAN
HINANYA KEBODOHAN SEPANJANG HIDUPNYA

IMAM SYAFI'I RAHIMAHULLAH

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang melimpahkan rahmat dan hidayah-nya, serta selalu diberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi hasil penelitian selama 2 bulan pada bulan Februari sampai Maret tahun 2019 dengan judul “Analisis Penerapan *Bottom Airdeck* Pada Peledakan Di Pit C *West* Di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *Jobsite* Binsua Desa Pegat Bukur Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur”.

Pada kesempatan ini izinkanlah penulis untuk menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya, selaku Dosen Penguji I Skripsi, Bapak Fahrul Indrajaya, ST., MT.
3. Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan, dan Dosen Pembimbing II Skripsi, Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T.
4. Dosen Pembimbing I Skripsi, Hepriyandi Luwyk .Djanas.Usup, S.T., M.T.
5. Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji II Skripsi, Ibu Lisa Virgiyanti, S.T., M.T.
6. Bapak Dody Ariyantho Kusma Wijaya, S.Hut., M.Si selaku Dosen Penguji III Skripsi.
7. Bapak Didik Sumarsono selaku Project Manager PT. BUMA jobsite Binsua.

8. Bapak Samuel Billy Awang selaku SHE Drill And Blast PT. BUMA Jobsite Binsua.
9. Bapak M. Asy'ari selaku Pembimbing Lapangan.

Penulis berharap Skripsi yang telah disusun ini bisa memberikan sumbangsih untuk menambah pengetahuan para pembaca, dalam rangkai perbaikan selanjutnya, penulis akan terbuka terhadap saran dan masukan dari semua pihak karena penulis menyadari Skripsi yang telah disusun ini masih memiliki banyak sekali kekurangan.

Palangka Raya, 17 Maret 2021

Penulis,



JAKA BUGIS HANDOKO
DBD 114048

ABSTRACT

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama is located in Pegat Bukur Village, Sambaliung District, Berau Regency, East Kalimantan Province. The research location can be reached from Palangka Raya City to Berau Regency within 2 hours by using air transport and continued to Sambaliung District PT. Bukit Makmur Mandiri Utama with time 30 minutes by land transportation. In this study aims to find out how the application of bottom airdeck in the blasting process, analyzing the results of the application of bottom airdeck on blasting activities. The methods used in this research are based on quantitative and descriptive methods. Data - data obtained is processed by mathematical analysis presented in the form of calculations and tables. From the results of the analysis, the airdeck used came from a cup diameter of 204 mm with PVC pipe diameter of 3/4 inch along 1 meter placed at the base of the explosive hole, the geometry of airdeck blasting used is burden 7.8-8.5 m, space 8.8-9.2 m, stemming 2.36-4.10, powder column 1.64-3.90 m, explosive hole depth 5-9 m, explosive hole diameter 204 mm, staggered pattern drilling pattern and blast pattern used are exchellon, box-cut and v-cut. With actual fragmentation of kuzram 63.15%-69.73%, powder factor 0.19-0.21 kg/m, and PVS value of 0.367-0.651 mm/s. from the calculation of geometry design according to RL Ash obtained fragmentation value of 80.02% with a burden of 7.7 m, space 8.8 m, stemming 2.95 m, powder column 3.05 m, hole depth of 7 m, vertical energy distribution value of 45%, scale depth of burial $0.92 \text{ m/kg}^{1/3}$, and PVS less than 2 mm/s.

Keywords: Airdeck, Blasting, Bottom Airdeck

SARI

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama terletak di Desa Pegat Bukur, Kecamatan Sambaliung, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Lokasi penelitian dapat dicapai dari Kota Palangka Raya menuju Kabupaten Berau ditempuh dalam waktu ± 2 jam dengan menggunakan transportasi udara dan dilanjutkan ke Kecamatan Sambaliung PT. Bukit Makmur Mandiri Utama dengan waktu ± 30 menit dengan transportasi darat. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penerapan *bottom airdeck* pada proses peledakan, menganalisis hasil dari penerapan *bottom airdeck* pada kegiatan peledakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan metode kuantitatif dan deskriptif. Data – data yang diperoleh diolah dengan analisis matematis yang disajikan dalam bentuk perhitungan dan tabel. Dari hasil analisis, *airdeck* yang digunakan berasal dari *cup* berdiameter 204 mm dengan pipa *PVC* berdiameter $3/4$ inch sepanjang 1 meter yang diletakan di dasar lubang ledak, geometri peledakan *airdeck* yang digunakan adalah *burden* 7,8-8,5 m, spasi 8,8-9,2 m, *stemming* 2,36-4,10, *powder column* 1,64-3,90 m, kedalaman lubang ledak 5-9 m, diameter lubang ledak 204 mm, pola pengeboran *staggered pattern* dan pola peledakan yang digunakan adalah *exchellon*, *box-cut* dan *v-cut*. Dengan hasil fragmentasi *actual kuzram* 63,15%-69,73%, *powder factor* 0,19-0,21 kg/m, dan nilai *PVS* 0,367-0,651 mm/s. dari hasil perhitungan rancangan geometri menurut RL Ash didapat nilai fragmentasi 80,02% dengan *burden* 7,7 m, spasi 8,8 m, *stemming* 2,95 m, *powder column* 3,05 m, kedalaman lubang 7 m, nilai *vertical energy distribution* 45%, *scale depth of burial* $0,92 \text{ m/kg}^{1/3}$, dan *PVS* kurang dari 2 mm/s.

Kata kunci : Dek Udara, Dek Udara Bawah, Peledakan.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
SARI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
GLOSARIUM	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Peledakan	5
2.3. Geometri Peledakan	6
2.4. Pola Pengeboran	11
2.5. Pola Peledakan	13
2.6. <i>Optimum Explosive Performance</i>	14
2.7. Hubungan <i>Powder Factor</i> Dengan Kekerasan Batuan	17
2.8. <i>Airdeck</i>	19
2.9. Fragmentasi Batuan	22
2.10. <i>Powder Factor</i>	24
2.11. Getaran (<i>Ground Vibration</i>)	25
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Sejarah Perusahaan	27
3.2. Struktur Organisasi	28
3.3. Lokasi Kesampaian Daerah Penelitian	28
3.4. Kondisi Geologi Daerah Penelitian	29
3.5. Kondisi Curah Hujan	35
3.6. Alat Dan Bahan	36

	Halaman
3.7. Tata Laksana	36
3.8. Waktu Penelitian	39
3.9. Bagan Alir Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	42
4.2. Pembahasan	62
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	74
5.2. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1.	<i>Classification of the uniaxial compressive of rock</i>	19
2.2.	Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan	26
3.1.	Data Curah Hujan Daerah Tambang Binungan.....	36
3.2.	Tabel Kegiatan Penelitian	40
4.1.	Pembobotan Massa Batuan Pit C West	46
4.2.	Geometri Peledakan <i>Airdecking</i>	47
4.3.	<i>Powder Factor</i> Peledakan <i>Airdecking</i>	50
4.4.	Distribusi Fragmentasi Peledakan <i>Airdecking</i> Menggunakan Teori <i>Kuzram</i>	51
4.5.	Perkiraan Ukuran Fragmentasi Berdasarkan Model <i>Kuzram</i> Dengan Bahan Peledak <i>Emulsion</i>	58
4.6.	Simulasi Rancangan Geometri Peledakan RL Ash	58
4.7.	Hasil Pengukuran Getaran Tanah	60
4.8.	Perhitungan Rumus Hubungan PVS Dan SD	61
4.9.	Hasil Perhitungan Nilai PVS Rancangan.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1.	Geometri Peledakan.....	6
2.2.	Pola Pengeboran.....	11
2.3.	Pengaruh Energi Peledakan Berdasarkan Pola Pengeboran.....	12
2.4.	Pola Peledakan <i>V-Cut</i>	13
2.5.	Pola Peledakan <i>Box Cut</i>	13
2.6.	Pola Peledakan <i>Corner Cut</i>	14
2.7.	<i>Scale Depth Of Burial</i>	17
2.8.	Hubungan Antara <i>Powder Factor</i> , <i>Fracture</i> dan <i>Join Shear Strength</i>	18
2.9.	Patahan dan retakan dihasilkan dari geometri berbeda antara muatan dan distribusi (<i>Chiappetta</i> dan <i>Memmele</i>).....	20
2.10.	Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan.....	26
3.1.	Struktur Organisasi <i>Drill & Blast</i> PT. BUMA <i>jobsite</i> Binsua.....	28
3.2.	Peta Kesampaian Daerah Penelitian.....	29
3.3.	Cekungan Tarakan Kalimantan Timur.....	31
3.4.	Peta daerah sekitar berau, Kalimantan Timur (<i>situmarang</i> dan <i>Burhan</i> , 1995 dengan modifikasi).....	33
3.5.	Bagan Alir Penelitian.....	41
4.1.	<i>Pit C West</i>	42
4.2.	<i>Cup Airdeck</i>	43
4.3.	Pipa <i>PVC 1 Inch</i>	44
4.4.	Pemasangan <i>Air Deck</i>	44
4.5.	Posisi <i>Air Deck</i>	45
4.6.	<i>Plan Blasting</i>	47
4.7.	Pola Peledakan <i>Box Cut</i>	48
4.8.	<i>Technical Information Of Bulk Emulsion</i>	53
4.9.	Kegiatan Pengukuran Tingkat Getaran Tanah.....	59
4.10.	Hasil Pengukuran Getaran Tanggal 10 Maret 2019.....	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A PETA
- B GEOMETRI PELEDAKAN *ACTUAL*
- C PERHITUNGAN FRAGMENTASI *KUZRAM ACTUAL* DAN RANCANGAN
- D PERHITUNGAN *PVS* RANCANGAN
- E PERHITUNGAN PEMBAGIAN *AIRDECK*
- F DESAIN RANCANGAN GEOMETRI PELEDAKAN

GLOSARIUM

<i>Airdeck</i>	=	Berfungsi untuk membuat energi terkurung
<i>Blasting</i>	=	Peledakan
<i>BCM</i>	=	<i>Bank Cubic Meter</i>
<i>Boulder</i>	=	Bongkah
<i>Burden (B)</i>	=	Jarak tegak lurus dengan bidang bebas
<i>Charging</i>	=	Pengisian bahan peledak
<i>Claystone</i>	=	Batu lempung
<i>Drilling</i>	=	Pengeboran
<i>Emulsion</i>	=	Bahan peledak
<i>Flyrock</i>	=	Lemparan batu hasil peledakan
<i>Fragmentasi</i>	=	Pecahan ukuran material batuan hasil peledakan
<i>Free face</i>	=	Bidang bebas peledakan
<i>Loading</i>	=	Pemuatan
<i>Overburden</i>	=	Tanah Penutup
<i>Overbreak</i>	=	Pemecahan berlebih
<i>PF</i>	=	<i>Powder Factor</i>
<i>Plan</i>	=	Rencana
<i>Prepare</i>	=	Persiapan
<i>PVS</i>	=	<i>Peak Vector Sum</i>
<i>Row</i>	=	Baris
<i>Spasi (S)</i>	=	Jarak antara lubang ledak dalam satu baris
<i>Staggered</i>	=	Selang - seling
<i>Statigrafi</i>	=	Susunan lapisan batuan
<i>Stemming</i>	=	Material penutup kolom isian bahan peledak
<i>Specific Gravity</i>	=	Masa jenis
<i>Surface delay</i>	=	Waktu tunda permukaan
<i>Toe</i>	=	Tonjolan
<i>VED</i>	=	<i>Vertical energy distribution</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Bukit Makmur Mandiri Utama adalah salah satu perusahaan yang mengeksploitasi sumber daya batubara di Indonesia. Dimana pada proses pembongkaran material *overburden* guna mendapatkan sumber daya batubara dengan menggunakan metode peledakan. Keberhasilan suatu peledakan dapat dilihat dari hasil peledakan itu sendiri yang mana di antaranya adalah ukuran fragmentasi batuan dan *powder factor*.

Pada dasarnya peledakan di PT.BUMA *jobsite* BINSUA menggunakan peledakan konvensional dimana hasil peledakan sangat bagus dengan ukuran fragmentasi batuan yang baik, tetapi bahan peledak yang digunakan lebih banyak. Oleh karena itu untuk mengurangi penggunaan bahan peledak yang berlebih PT. BUMA menggunakan *airdeck* dengan metode *bottom deck* dimana *airdeck* diletakan di bagian bawah kolom ledak sepanjang 1 meter, yang mana diharapkan dari penerapan *airdeck* ini hasil peledakan mendekati dengan hasil peledakan secara konvensional. Selain itu peledakan dengan *air deck* diharapkan menghasilkan fragmentasi yang sesuai dengan target, agar pemuatan material lebih *efisien*. Sehingga pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil fragmentasi dan *powder factor* dari hasil penerapan *airdeck*.

Atas dasar inilah maka penulis berencana melakukan kegiatan penelitian dengan judul” **Analisis Penerapan *Bottom Air Deck* Pada Peledakan Di Pit C**

West Di PT Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) Jobsite Binsua Desa Pegat Bukur Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur”

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *bottom deck* yang diterapkan di Pit C West PT. Bukit Makmur Mandiri Utama jobsite Binsua?
2. Bagaimana hasil penerapan *air deck* dengan menggunakan metode *bottom deck* pada peledakan di Pit C West PT. Bukit Makmur Mandiri Utama jobsite Binsua?

1.3. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian akan dijelaskan pada sub-bab di bawah ini:

1.3.1. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana penerapan *bottom airdeck* yang diterapkan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binsua.

1.3.2. Tujuan

Tujuan dari Skripsi ini adalah untuk menganalisis hasil penerapan *bottom airdeck* yang diterapkan oleh PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binsua.

1.4 Manfaat Penelitian

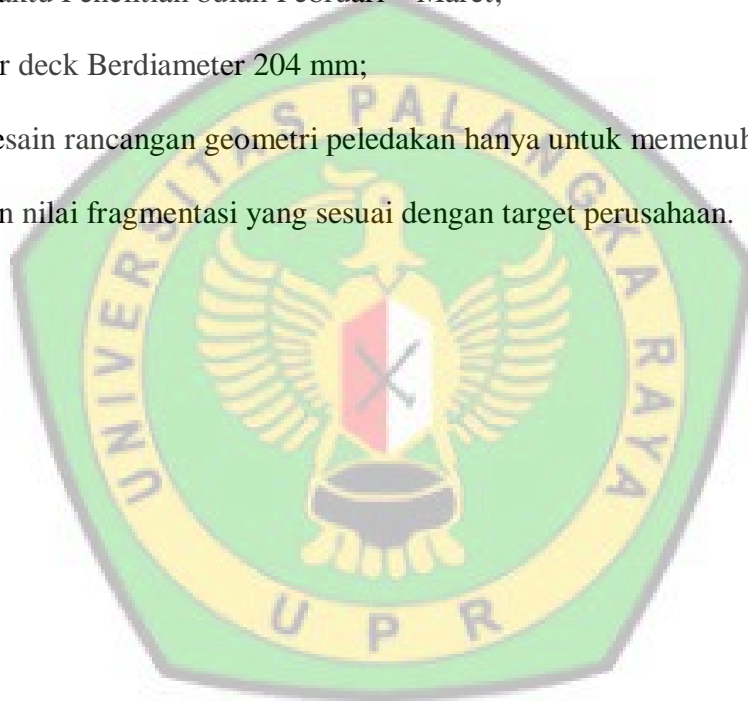
Diharapkan dalam penyusunan laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penyusun khususnya. Selain itu penulis berharap

bahwa hasil penelitian ini juga dapat memberikan masukan kepada perusahaan terkait judul yang diambil, serta sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana teknik.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Lokasi Penelitian dilakukan di PIT C *West* PT. Bukit Makmur;
Mandiri Utama jobsite BINSUA;
2. Waktu Penelitian bulan Februari – Maret;
3. Air deck Berdiameter 204 mm;
4. Desain rancangan geometri peledakan hanya untuk memenuhi target volume dan nilai fragmentasi yang sesuai dengan target perusahaan.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Muchammad Iqbal Tutuko (2016), dengan judul “Analisis Penerapan *Bottom Air Decking* Terhadap *Fragmentasi* Batuan Hasil Peledakan. *Digging Time* Alat Muat, Dan *Elevasi* Lantai Jenjang di Pit. MOD PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta Provinsi Kalimantan Timur”, mendapatkan hasil rata-rata persentase pengurangan nilai *powder factor* sebesar 8,23%. Fragmentasi berdasarkan target persen lolos <300 mm sebesar $\geq 80\%$ di Pit. Inul *Middle* 81,31% - 82,50%, di Pit. Inul *East* sebesar 85,79% - 89,86%, di Pit. Bendili sebesar 79,03% - 85,05%, dan di Pit. Pinang *South* sebesar 81,76%. *Digging time* di Pit. Inul *Middle* rata-rata sebesar 10,89 – 11,01 detik, *digging time* di Pit. Inul *East* rata-rata yang didapat adalah 10,23 – 10,79 detik, *digging time* di pit Bendili rata-rata sebesar 11,97 – 14,06 detik, dan *digging time* di Pit. Pinang *South* rata-rata sebesar 11,07 – 12,26 detik.

Meidi Zulhijasma (2018), dengan judul “Studi Pengaruh Penerapan *Bottom Air Deck* Terhadap *Powder Factor* Di Pit Bedili Tambang Batubara PT. Kaltim Prima Coal Di Sangatta Kalimantan Timur” menyatakan bahwa pada percobaan peledakan, didapatkan rata - rata nilai *PF* desain sebesar 0,293 kg/m³ dengan rata - rata penurunan 8,12 %. Sedangkan rata - rata *PF* aktual sebesar 0,291 kg/m³, dengan rata - rata penurunan 8,77 %.

2.2 Peledakan

Peledakan dilakukan agar kita dapat memperoleh batuan dari keadaan insitunya sehingga dapat memungkinkan material tersebut untuk digali, dimuat dan diangkut kemudian diproses lebih lanjut (Suwandhi Awang. 2004). Dalam operasi peledakan, selalu terkait dua unsur utama yang memegang peranan penting yang mempengaruhi keberhasilan peledakan, yaitu karakteristik:

- Batuan yang di ledakan;
- Bahan peledak yang di gunakan.

Untuk memilih metode peledakan yang akan di terapkan di perlukan menguasai pengetahuan yang baik terhadap dua unsur tersebut di atas.

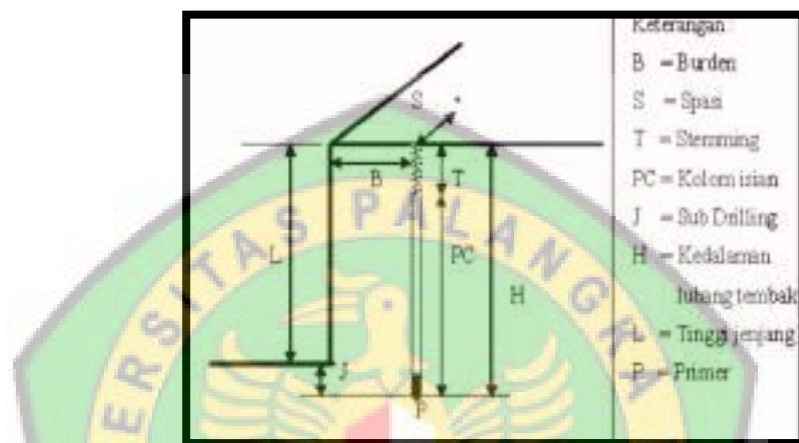
Teknik peledakan yang di pakai tergantung atas tujuan peledakan dan pekerjaan atau proses lanjutan setelah peledakan. Agar aktivitas peledakan berhasil sesuai dengan yang di rencanakan, faktor-faktor berikut perlu diperhatikan:

1. Karakteristik atau sifat batuan yang akan di ledakan, termasuk data geoteknik;
2. Sifat-sifat bahan peledak;
3. Teknik atau metode peledakan yang di pakai.

Suatu peledakan biasanya dilakukan dengan cara membuat lubang ledak yang diisi sejumlah bahan peledak. Dengan pengetahuan teknik / metode peledakan, dapat direncanakan geometri peledakan dan jumlah bahan peledak yang sesuai seperti yang di harapkan.

2.3 Geometri Peledakan

Menurut Ash (1963), geometri peledakan merupakan suatu hal yang sangat menentukan hasil peledakan dari segi fragmentasi yang dihasilkan, rekahan yang diharapkan maupun dari segi jenjang yang terbentuk. (dapat dilihat pada gambar 2.1).



Gambar 2.1 Geometri Peledakan

a. *Burden*

Burden merupakan jarak antara *row* terhadap bidang bebas bergerak keluar dari kolom isian menuju bidang bebas dan paling dekat. Jarak *burden* yang baik adalah jarak yang memungkinkan energi secara maksimal dapat dipantulkan kembali dengan kekuatan yang cukup untuk melampaui kuat tarik batuan sehingga akan terjadi penghancuran.

- 1) Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak (AF_1) menggunakan persamaan 2.1 berikut:

$$\frac{SG_e \times V_e}{SG_{std} \times V_{std}} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.1})$$

Keterangan :

SG_{std} = Berat jenis bahan peledak standard (1,2)

SG_e = Berat jenis bahan peledakan di lapangan
 V_e = Kecepatan detonasi bahan peledak yang digunakan
 $V_{e_{std}}$ = Kecepatan detonasi bahan peledak standard 12.000 fps.

2) Faktor penyesuaian terhadap batuan (AF_2) persamaan 2.2 berikut:

$$AF_2 = \frac{SG_b}{SG_{bstd}} \dots\dots\dots(Persamaan 2.2)$$

SG_b = Berat jenis batuan di lapangan
 SG_{bstd} = Berat jenis batuan standard

Sehingga harga K_b yang terkoreksi dengan persamaan 2.3 berikut:

$$K_b = K_{bstd} \times AF_1 \times AF_2 \dots\dots\dots(Persamaan 2.3)$$

Keterangan :

K_b = *Burden ratio* yang telah dikoreksi
 K_{bstd} = *Burden ratio standard*

Untuk menentukan *burden*, maka menggunakan persamaan 2.4 berikut :

$$B = \frac{K_b \times D_e}{12} \dots\dots\dots(Persamaan 2.4)$$

b. Spasi

Spasi adalah jarak antara dua lubang ledak yang berdekatan dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap *pit wall* (Ash, 1963). Dalam memperkirakan panjang spasi, yang perlu diperhatikan adalah apakah ada interaksi antara *charges* yang berdekatan.

Besar K_s menurut interval waktu yang dipergunakan adalah:

- *Long interval delay* $K_s = 1$
- *Short interval delay* $K_s = 1 - 2$
- Normal $K_s = 1,2 - 1,8$

Besar spasi dapat ditentukan sebagai berikut :

$$S = B \times K_s \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.5})$$

Keterangan :

S = Spasi (m)

B = *Burden* (m)

K_s = *Spacing ratio*

c. *Stemming*

Stemming adalah material penutup di dalam lubang ledak, yang letaknya di atas kolom isian bahan peledak (Ash, 1963). *Stemming* digunakan untuk menentukan *stress balance* (tegangan untuk memecah batuan agar dapat meledak ke atas dan ke samping secara serentak). *Stemming* juga berguna untuk mengurung gas-gas yang timbul dari hasil peledakan sehingga dapat merekahkan batuan dengan energi yang maksimal. Dengan demikian panjang *stemming* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.6 berikut:

$$T = B \times K_t \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.6})$$

Keterangan :

T = *Stemming* (m)

K_t = *Stemming ratio* (0,5 – 1,00)

B = *Burden* (m)

d. Kedalaman Lubang Ledak

Kedalaman lubang ledak merupakan penjumlahan antara tinggi jenjang dengan *subdrilling* (Ash, 1963). Kedalaman lubang ledak tidak boleh lebih kecil dari tinggi jenjang agar menghindari terjadinya *overbreak*. Kedalaman lubang ledak dapat ditentukan berdasarkan geometri peledakan, maka dapat digunakan persamaan 2.7 berikut:

$$\mathbf{H = Kh \times B} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.7})$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)
 Kh = *Hole depth ratio* (1,5 – 4,0)
 B = *Burden* (m)

e. Tinggi Jenjang

Secara spesifik tinggi jenjang maksimum ditentukan oleh peralatan lubang bor dan alat muat yang tersedia. Tinggi jenjang diambil berdasarkan kedalaman lubang tembak dan *subdrilling*. Jika tinggi jenjang melebihi kedalaman lubang tembak, maka sering terbentuknya tonjolan (*toe*) dibagian bawah jenjang. Tinggi jenjang dapat dihitung dengan persamaan 2.8 berikut:

$$\mathbf{L = H - J} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.8})$$

Keterangan :

L = Tinggi jenjang (m)
 H = Kedalaman lubang ledak (m)
 J = *Subdrilling* (m)

f. *Subdrilling*

Subdrilling merupakan penambahan kedalaman pada lubang ledak dengan tujuan utama dibuatnya *subdrilling* adalah agar batuan dapat meledak secara *fullface* yang sesuai harapan dan menghindari adanya tonjolan-tonjolan pada lantai jenjang (*toe*) (Ash, 1963). Panjang *subdrilling* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9 berikut:

$$\mathbf{J = B \times Kj} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.9})$$

Keterangan :

J = *Subdrilling* (m)
 Kj = *Subdrilling ratio* (0,2 – 0,3)

g. *Loading Density*

Loading Density merupakan banyaknya bahan peledak untuk setiap panjang kolom lubang ledak yang dinyatakan dalam kg/m. Dengan menggunakan persamaan 2.10 berikut.

$$de = 3,14 \times r^2 \times SG \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.10})$$

Keterangan :

de = *Loading Density* (kg/m)

SG = *Spesific Gravity*

h. *Powder Column (PC)*

Panjang kolom isian adalah kedalaman lubang ledak dikurangi *stemming*. Dengan menggunakan persamaan 2.11 berikut

$$PC = H - T \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.11})$$

Keterangan :

Pc = Panjang kolom isian (m)

H = Kedalaman lubang (m)

T = *Stemming* (m)

i. *Powder Factor (PF)*

Powder factor atau dalam istilah lain disebut dengan *specific charge* adalah suatu bilangan yang menunjukkan jumlah bahan peledak yang digunakan untuk membongkar sejumlah volume batuan. Perhitungan *powder factor* menurut Ash (1963) diformulasikan dengan persamaan 2.12 berikut:

$$Pf = n \times \frac{E}{V} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.12})$$

Keterangan:

Pf = *Powder factor* (kg/m³)

V = Volume material yang diledakan (m³)

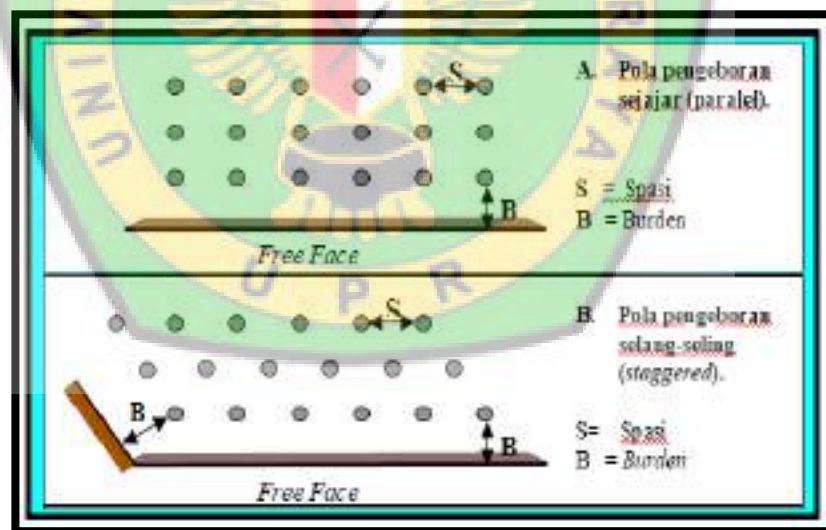
E = Berat bahan peledak setiap lubang ledak (kg)

2.4 Pola Pemboran

Pengeboran merupakan suatu pola pada kegiatan pengeboran dengan menempatkan lubang – lubang tembak secara sistematis. Berdasarkan letak – letak lubang bor maka pola pengeboran pada umumnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

- Pola pengeboran sejajar (*square pattern*);
- Pola pengeboran selang-seling (*staggered pattern*).

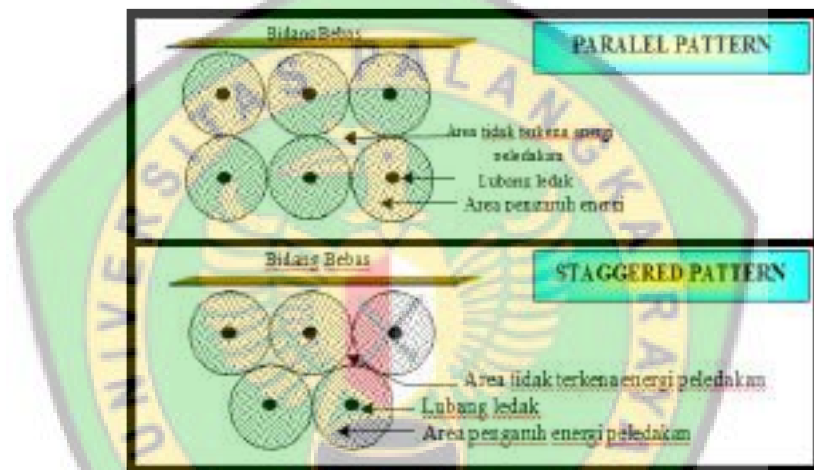
Pola pengeboran sejajar adalah pola dengan penempatan lubang-lubang tembak yang saling sejajar pada setiap kolomnya. Sedangkan pola pengeboran selang-seling, adalah pola dengan penempatan lubang-lubang tembak secara selang-seling pada setiap kolomnya. (dapat dilihat pada gambar 2.2)



Gambar 2.2 Pola Pengeboran

Dalam penerapan di lapangan, pola pengeboran sejajar merupakan pola yang lebih mudah dalam melakukan pengeboran dan untuk pengaturan lebih lanjut. Tetapi perolehan fragmentasi batumannya kurang seragam, sedangkan pola

pengeboran selang-seling lebih sulit penanganannya di lapangan namun fragmentasi batuan lebih baik dan seragam. Menurut hasil penelitian di lapangan pada jenis batuan kompak, menunjukkan bahwa hasil produktivitas dan fragmentasi peledakan dengan menggunakan pola pengeboran selang-seling lebih baik dari pada pola pengeboran sejajar, hal ini disebabkan energi yang dihasilkan pada pengeboran selang-seling lebih optimal dalam mendistribusikan energi peledakan. (dapat dilihat pada gambar 2.3).



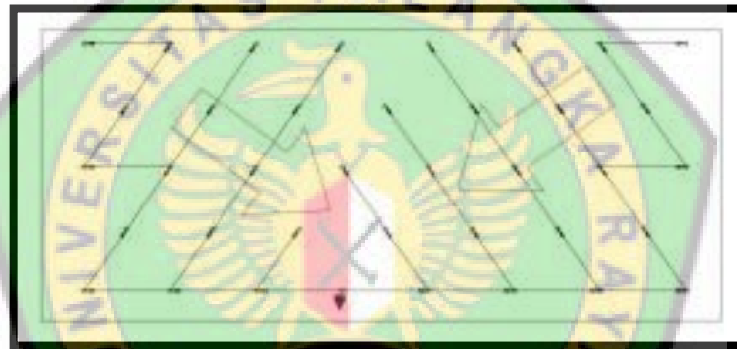
Gambar 2.3 Pengaruh *Energy* Peledakan Terhadap Pola Pengeboran.

Ukuran diameter lubang tembak merupakan faktor yang penting dalam merancang suatu kegiatan peledakan, karena akan mempengaruhi dalam penentuan jarak burden dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya. Untuk diameter lubang tembak yang kecil, maka energi yang dihasilkan akan kecil. Sehingga jarak antar lubang bor dan jarak ke bidang bebas haruslah kecil juga, dengan maksud agar energi ledakan cukup kuat untuk menghancurkan batuan. Begitu pula sebaliknya jika diameter lubang tembak yang besar, maka energi yang dihasilkan akan besar. (Sumber : Koesnaryo,1988).

2.5 Pola Peledakan

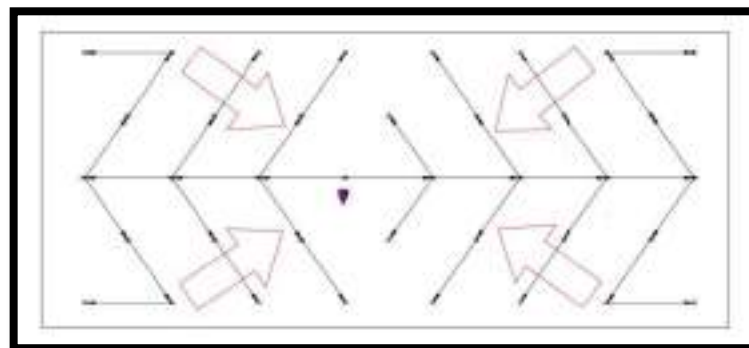
Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang ledak dalam satu baris dengan lubang ledak pada baris berikutnya ataupun antara lubang ledak yang satu dengan lubang ledak lainnya. Dikutip pada buku *Surface Blast Design*, Konya 1990, pola peledakan secara umum dibagi menjadi dua, yaitu berdasarkan urutan waktu peledakan dan berdasarkan arah runtuhannya yaitu :

1. *V-Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhnya batuan menuju ke salah satu titik dan membentuk pola “v”. (dapat dilihat pada gambar 2.4)



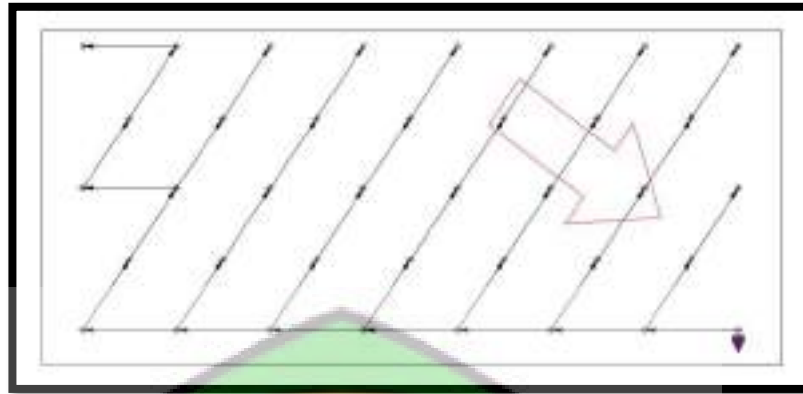
Gambar 2.4 Pola Peledakan *V-Cut*

2. *Box Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan menuju ke arah bidang bebas dan membentuk kotak. (dapat dilihat pada gambar 2.5)



Gambar 2.5 Pola Peledakan *Box Cut*

3. *Corner Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke salah satu sudut dari bidang bebasnya. (dapat dilihat pada gambar 2.6)



Gambar 2.6 Pola Peledakan *Corner Cut*

2.6 *Optimum Explosive Performance*

Adapun hal yang perlu diperhatikan untuk memaksimalkan *energy* peledakan diantaranya sebagai berikut:

a. *Energy Distribution*

Distribusi energi peranannya sangat penting untuk menghasilkan fragmentasi yang baik secara merata pada sebuah *sequence* peledakan, baik distribusi secara lateral maupun vertikal. Lateral distribusi beberapa gambaran dari konsep optimalisasi distribusi *energy* secara lateral. *Blast Engineer* tentu harus mengetahui informasi geologi sehingga di setiap lokasi peledakan bisa menentukan *spacing* dan *burden* yang tepat. Bahkan lebih lanjut pada aplikasi elektronik *system* dalam mendesain *time delay* bisa disimulasikan *delay* yang paling optimal untuk memberikan fragmentasi paling baik setelah diketahui beberapa informasi mengenai batuan dari hasil pengukuran *seismograf* di lokasi yang akan diledakan.

b. *Energy Level*

Dalam pemahaman *energy level* adalah tidak berarti salah satu jenis bahan peledak dengan energi lebih tinggi memiliki *energy level* paling baik untuk sebuah aplikasi peledakan, tetapi *energy level* yang dimaksud adalah perlu disesuaikannya besaran energi yang dihasilkan dengan tujuan yang diharapkan.

Lebih ke belakang sedikit adalah bahwa dalam menentukan atau mengukur seberapa besar energi yang dihasilkan dari sebuah jenis bahan peledak bisa dengan analisa komposisi unsur kimia contoh *Emulsion Blend* (60/40) energi adalah 804 Cal/gr atau 0,1 Mpa.

Hal yang jauh lebih penting dalam sebuah peledakan adalah kecepatan reaksi, serta faktor pengungkungan yang baik sangat berpengaruh terhadap kecepatan detonasi dalam lubang ledak. *Level* energi dari sebuah bahan peledak disesuaikan dengan kekerasan dan struktur batuan yang akan diledakkan, serta faktor lingkungan/desain seperti kondisi air tanah, reaktifitas mineral, kedalaman lubang, tekanan *hydrostatis*, *sleep time* dan lainnya.

Beberapa praktisi mengindikasikan besaran energi bahan peledak dapat di korelasikan dengan kecepatan detonasi (*VOD*), namun teori atau penelitian yang membahas ini masih sangat sedikit. Tetapi beberapa dasar ilmu fisika yang membahas mengenai energi memang mengutarakan bahwa energi *ekuivalen* dengan besaran kecepatan (contoh : Energi Kinetik ; $E_k = \frac{1}{2} MV^2$, atau Rumus Einstein ; $E = MC^2$).

Dengan melihat faktor kecepatan detonasi maka *VOD* akan dipengaruhi oleh faktor komposisi campuran (*ZOB*), diameter, *density*, dan derajat pengungkungan, sehingga sebagai praktisi tentu harus berpikir bagaimana memelihara agar *level VOD* bisa maksimal dalam kolom ledak dengan menjaga faktor – faktor tersebut.

c. Energi *Confinement*

Confinement atau pengungkungan ditentukan oleh kondisi geologi dan teknik *stemming* yang dilakukan dalam sebuah peledakan. *Stemming* yang bagus dan benar akan memaksimalkan *energy* yang dikurung didalam lubang ledak agar tidak terjadi *over power* akibat *stemming* yang kurang bagus. Untuk mencari nilai *stemming* yang sesuai dengan apa yang direncanakan bisa dengan menggunakan rumus *VED* (*Vertical Energy Distribution*) seperti persamaan 2.13 berikut :

$$\mathbf{VED} = \frac{H - St}{H} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.13})$$

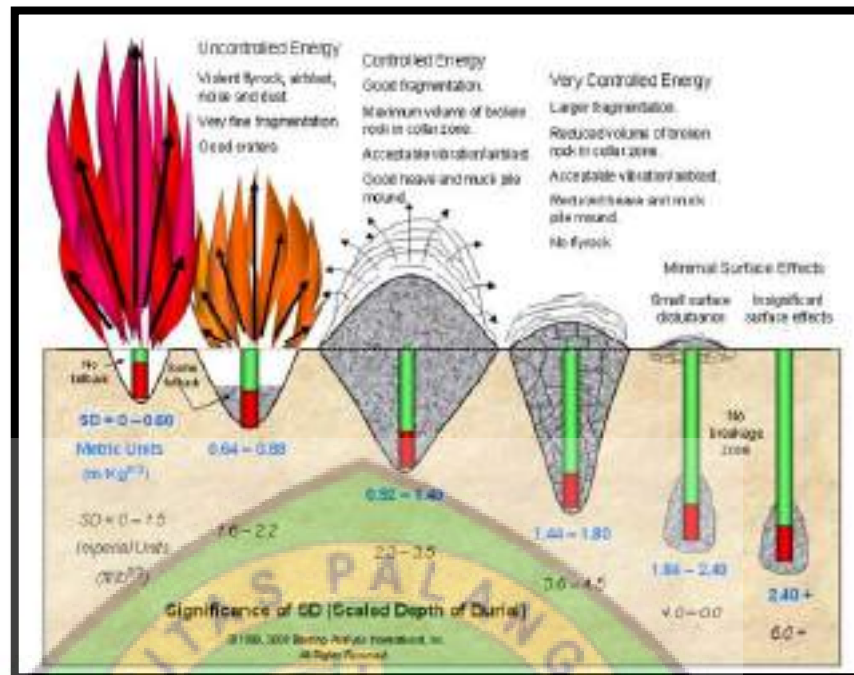
Keterangan :

VED = *Vertical Energy Distribution*

H = Kedalam lubang ledak

St = *Stemming*

Selain menggunakan rumus *VED* diatas, perlunya menghitung *Scale Depth Of Burial* agar lebih menyakinkan apakah nilai *VED* yang dihitung akan menghasilkan *energy* yang maksimal atau sebaliknya akan menghasilkan *energy* yang kurang maksimal, besaran nilai *Scale Depth Of Burial*. (dapat dilihat pada gambar 2.7).



Gambar 2.7 Scale Depth Of Burial.

Rumus nilai *Scale Depth Of Burial* dapat dilihat pada persamaan 2.14 berikut :

$$SD = D/W^{0,333} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.14})$$

Keterangan :

SD = *Scale Depth*

W = Jumlah bahan peledakan per lubang

D = *Stemming* + (0,5 x PC)

2.7 Hubungan *Powder Factor* Dengan Kekeraan Batuan

Kuantitas ledakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan fragmentasi 1 m atau 1 ton batu dikenal sebagai *powder factor*. *Powder factor* dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti indikator kekerasan batuan, atau biaya bahan peledak yang dibutuhkan, atau bahkan sebagai panduan untuk merencanakan peledakan. Beberapa kemungkinan kombinasi dapat mengungkapkan *powder faktornya*. Ashby (1981) mengembangkan hubungan empiris untuk

menggambarkan *powder faktor* yang diperlukan untuk ledakan yang memadai berdasarkan frekuensi patah yang mewakili kepadatan fraktur dan sudut *friction efektif* mewakili kekuatan massa batu yang terstruktur (Ashby John P, 1981). Menurut Ashby *poeder faktor* batu dengan ANFO ditentukan dari persamaan 2.15 berikut:

$$\text{powder Factor} = 0.56 \cdot p \cdot \tan(\phi + i) \sqrt{\text{fracture/meter}} \cdot \text{Kg/cu.m} \dots (\text{Persamaan 2.15})$$

Keterangan :

- Φ = Basic friction angle
- p = in-situ density of rock formation
- i = roughness inclination angle
- $(\Phi + i)$ = friction angle, fracture/meter represent the fracture frequency

Sedangkan hubungan antara *powder factor*, *fracture* dengan *join shear strength* dan *classification of uniaxial compressive of rock* dapat dilihat pada gambar 2.8 dan tabel 2.1.

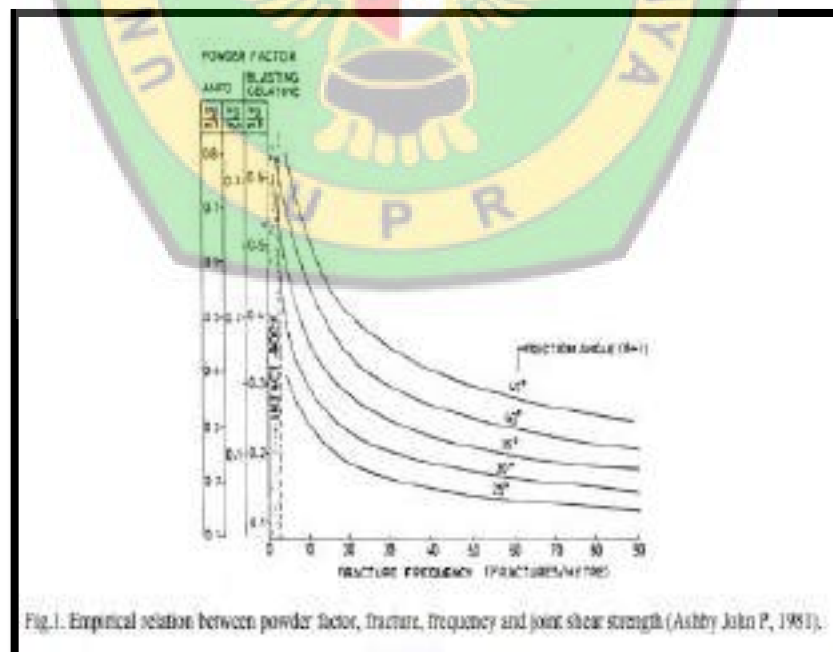


Fig.1. Empirical relation between powder factor, fracture, frequency and joint shear strength (Ashby John P, 1981).

Gambar 2.8 Hubungan Antara Powder Factor, Fracture dan Join Shear Strength.

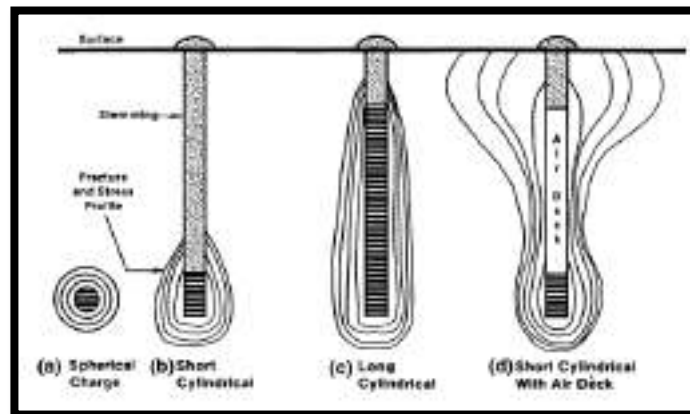
Tabel 2.1 *Classification of the uniaxial compressive of rock*

Rock Type	UCS (MPa)	PF (kg/m ³)
Very low strength	1-5	0,15 – 0,25
Low strength	5-25	0,25 – 0,35
Medium strength	25-30	0,4 – 0,5
High strength	50-100	0,7 – 0,8
Very high strength	100-250	
Extremely high strength	>250	

Sumber: (Dyno Nobel, 2010 and Schmidt, E. 1951).

2.8 *Air Deck*

Dalam peledakan dengan *airdecking*, adanya udara di *ai deck* memainkan peran penting dalam memperoleh keuntungan. Selama ledakan, udara awalnya diam dan pada suhu tekanan normal. Materi udara dalam kondisi fisik seperti hampir tidak ada reaksi terhadap hasil ledakan yang memiliki suhu dan tekanan sekitar 3-4 yang lebih tinggi besarnya. Produk ledakan yang mentransfer beberapa energi ke udara dengan menekan dan memanaskannya. Namun jika udara menjadi seperti energi ledakan awal, fraksi ditransfer pada yang paling dalam urutan satu seperseribu energi disimpan. Ukuran dan lokasi *airdeck* adalah dua parameter penting dalam teknik ini. *Airdeck* dapat ditempatkan dalam sebuah lubang ledakan di tiga lokasi berbeda yakni, di bagian atas bahan peledak, di tengah kolom peledak dan di bagian bawah dari lubang ledak. *AirDeck* ditempatkan di lokasi-lokasi yang sering disebut sebagai atas, tengah dan bawah *airdeck* masing-masing. (dapat dilihat pada gambar 2.9)



Gambar. 2.9 Patahan dan retakan yang dihasilkan dari geometri berbeda antara muatan dan distribusi (Setelah *Chiappetta* dan *Memmele*).

Macam-macam pengisian memainkan peran penting dalam mencapai kinerja peledakan yang diperlukan, perbedaan desain biaya yang umum digunakan adalah:

- kolom penuh – sepenuhnya ditambah bahan peledak tinggi;
- kolom penuh - sepenuhnya ditambah kepadatan rendah biaya VOD rendah;
- biaya penuh - kolom dipisahkan dan digabungkan sepenuhnya mengenakan biaya baik menggunakan udara *deck* atau *deck* padat.

Dalam biaya peledakan tanpa *airdeck*, kolom penuh pada saat meledakan bahan peledak, tekanan awal yang luar biasa yang muncul dalam ledakan sangat melebihi kekuatan massa batuan, sehingga guncangan yang kuat gelombang mulai merambat ke tengah, menghancurkan dan memecahnya menjadi partikel yang sangat kecil. Karena itu berulang ulang, lebih menghancurkan batuan, sebagian besar energi ledakan yang terbuang di daerah dekat muatan.

Gerakan tengah dalam hal ini ditentukan oleh gelombang tekan, dan setelah itu berlalu, gerakan ini hampir berhenti, proses kerusakan lebih lanjut tidak lagi

dimiliki. Peningkatan tingkat biaya ledakan tidak selalu mengarah pada peningkatan kerusakan atau perbaikan di tingkat fragmentasi. Dalam mengenakan *airdeck*, hancuran diharapkan dapat terjadi hanya dalam jarak tertentu dari permukaan.

Perubahan ini dalam profil tekanan waktu disebabkan oleh:

1. Masuknya gas ledakan ke dalam dan melalui pori-pori *macro* dalam materi;
2. Pesatnya laju menghasilkan material di bawah sangat aksial tinggi beban tumbukan.

Efek ini paling menonjol, ketika bahan *decking* adalah udara. Dengan biaya *airdeck*, *stemming* terstruktur yang sangat cepat, gas peledakan ke rongga udara menyebabkan pembusukan tumbukan tekanan pada setiap lokasi pengisian.

Alternatif untuk pengisian *airdeck* yaitu sebagai berikut:

1. Posisi *Top Airdeck*

Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam penentuan posisi *top airdeck*:

- Kedalaman *stemming* = 50-75% kedalaman original;
- Panjang *air deck* = 20-40% x (udara + *explosives*);
- Penghematan maksimum handak = 20% jumlah muatan handak normal;
- Jumlah minimum bahan peledak yang dapat dikurangi setara biaya perlengkapan *airdeck*.

2. Posisi *Middle Airdeck*

Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam penentuan posisi *middle airdeck*:

- *Stemming depth* = dapat disesuaikan agar diperoleh SDOB konstan;
- Panjang *airdeck* = 20- 40% x (udara +*explosives*);
- Penghematan maksimum handak= 20% jumlah muatan handak normal;
- Jumlah minimum bahan peledak yang dapat dikurangi setara biaya perlengkapan *airdeck*;
- Ketepatan waktu sejalan dengan pemuatan secara simultan.

3. Posisi *Bottom Air Deck*

Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam penentuan posisi *top airdeck*:

- *Stemming depth* = dapat disesuaikan agar diperoleh SDOB konstan;
- Panjang *air deck* = 20- 40% x (udara +*explosives*);
- Panjang *air deck* = 20- 40% x (udara +*explosives*);
- Penghematan maksimum handak setara 20% jumlah muatan handak normal.

2.9 Fragmentasi Batuan

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah dari batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Adapun ketentuan umum tentang hubungan fragmentasi dengan lubang ledak yaitu:

1. Ukuran lubang ledak yang besar akan menghasilkan bongkahan fragmentasi maka dikurangi dengan menggunakan bahan peledak yang lebih kuat;

2. Penambahan bahan peledak akan mengakibatkan *flyrock*.

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

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada proses selanjutnya. Untuk tujuan tertentu ukuran fragmentasi yang besar atau bongkah diperlukan, misalnya disusun sebagai penghalang (*barrier*) ditepi jalan tambang. Namun kebanyakan diinginkan ukuran fragmentasi yang kecil karena penanganan selanjutnya akan lebih mudah. Untuk menghitung fragmentasi hasil peledakan

dapat menggunakan persamaan *Cunningham* (1983) yang menyempurnakan persamaan *Kuznetsov* menjadi sebagai berikut :

$$X_{\text{mean}} = A (V_0/Q)^{0.8} Q^{1/6} (115/E)^{19/30} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.19})$$

Keterangan:

- X_{mean} = Ukuran rata-rata fragmentasi batuan (cm)
- A = Faktor batuan
- V_0 = Volume batuan per-lubang ledak (B x S x H) (m³)
- Q = Berat bahan peledak (kg)
- E = Kekuatan berat relatif bahan peledak yang dipakai

2.10 Powder Factor

Powder factor atau dalam istilah lain disebut dengan *specific charge* adalah suatu bilangan yang menunjukkan jumlah bahan peledak yang digunakan untuk membongkar sejumlah volume batuan. *powder factor* ini merupakan salah satu petunjuk untuk memperkirakan baik atau tidaknya suatu operasi peledakan. Hal ini disebabkan dari harga *powder factor* ini dapat diketahui tingkat efisiensi bahan peledak untuk membongkar sejumlah batuan.

Beberapa cara dalam menentukan *powder factor* berdasarkan buku teknik peledakan terbitan PPTM sebagai berikut:

- Berat bahan peledakan per volume batuan yang diledakkan (kg/m³);
- Berat bahan peledakan per berat batuan yang diledakkan (kg/ton);
- Berat batuan per berat bahan peledak (ton/kg);
- Volume batuan per berat batuan yang diledakkan (m³/kg).

Perhitungan *Powder factor* menurut R.L.Ash (1963) diformulasikan dengan Persamaan 2.20 berikut :

$$Pf = n \times E/V \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.20})$$

Keterangan:

Pf	= <i>powder factor</i> (kg/m ³)
V	= volume material yang diledakkan (m ³)
E	= berat bahan peledak setiap lubang ledak (kg)
n	= jumlah lubang ledak

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

2.11 Getaran (*Ground Vibration*)

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan oleh adanya sumber *energy*. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan. Getaran tanah (*ground vibration*) terjadi pada daerah *elastic (elastic zone)*. Di daerah ini tegangan yang diterima material lebih kecil dari kekuatan material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali ke keadaan semula setelah tak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang getaran. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan. Hubungan antara kekuatan getaran berdasarkan tingkat kerusakan yang mengacu pada Kepmen ESDM nomor 1827 K/30/MEM/2018 tanggal 7 Mei 2018 tentang Pedoman Pengelolaan Teknis Pertambangan yang berdasarkan SNI 7571 : 2010 tentang Baku Tingkat Getaran dapat dilihat pada tabel 2.10 sebagai berikut:

Tabel 2.10 Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan.

Kelas	Jenis bangunan	Peak Vector Sum (mm/detik)
1	Bangunan kuno yang dilindungi undang-undang benda cagar budaya (Undang-undang No. 6 tahun 1992).	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen dikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka dikat dengan ring balk	7 - 20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan dikat dengan rangka baje	12 - 40



BAB III

METODE PENELITIAN

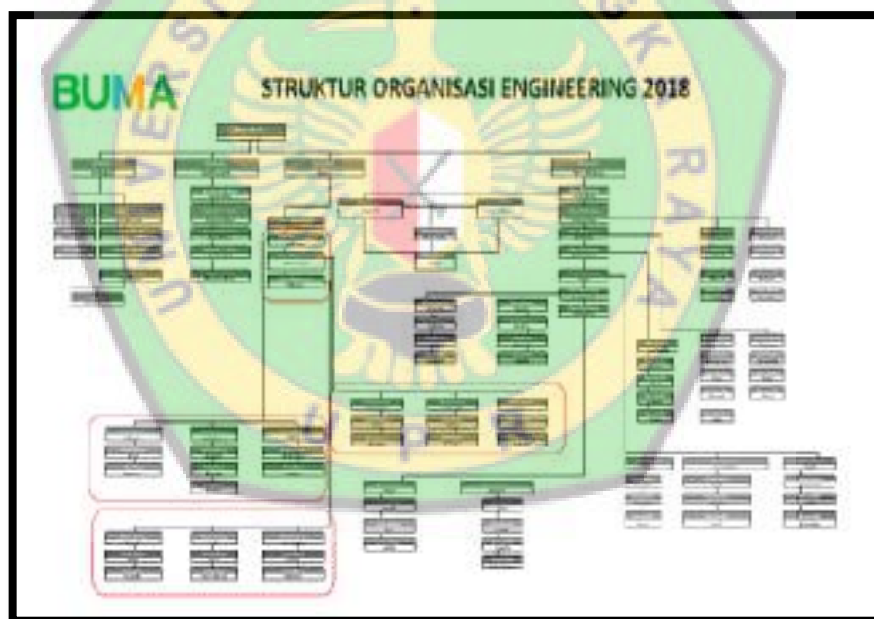
3.1 Sejarah Perusahaan

PT. Buma *site* Binungan berdiri pada tahun 1998, sebagai kontraktor yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang terletak di desa Sambaliung, kecamatan Tanjung Redeb, kabupaten Berau, Kalimantan Timur, Indonesia. PT. Buma *site* binungan merupakan salah satu penyedia jasa penambangan batubara terbesar di Indonesia dengan komitmen untuk Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup dan terus memanfaatkan peluang untuk pertumbuhan fokus pada keunggulan operasional, fokus pada K3LH di masa depan, serta menjadi tempat pertumbuhan di masa depan, serta menjadi tempat untuk belajar, berkarya dan bertumbuh bersama-sama. Sebelumnya PT. Bukit Makmur Mandiri Utama di kenal dengan nama PT. Mentari Bukit Utama. Pada Tahun 1987-1996 PT. Mentari Bukit Makmur menjadi subkontraktor PT. Pama Persada Nusantara (PAMA) di Tanjung Enim dan Berau. Pada tahun 1996-1999, PT. Mentari Bukit Makmur menjadi kontraktor tambang PT. Berau Coal (BC) dengan 1999 PT. Buma menjadi kontraktor utama di Binungan di bawah Pemilik Konsasi Pertambangan Batubara (PKP2B) Berau Coal (BC). PT. Buma di akuisisi oleh PT. Delta Dunia Makmur pada bulan November, tahun 2009 menjadi salah satu penyedia jasa tambang batubara terbesar di Indonesia. Melalui Buma, PT. Delta Dunia Makmur Tbk menyediakan jasa penambangan dan operasi tambang berdasarkan perjanjian operasional jangka panjang dengan produsen yang

memiliki perizinan penambangan batubara di Indonesia. PT. Buma berusaha untuk mencapai tujuan yaitu Unggul, Peduli, Integritas dan kerja sama tim. Dalam mencapai target yang di inginkan PT. Buam *site* Binungan mempekerjakan 2000 karyawan dengan unit yang terpakai 2.900 unit dengan memiliki 2 Pit besar yaitu Pit echo dan Pit C *west*.

3.2 Struktur Organisasi

Penyusunan struktur organisasi ini telah dilakukan atas dasar spesifikasi lengkap dengan fungsi yang melekat agar mampu mendukung pencapaian target secara optimal. (dapat dilihat pada gambar 3.1)

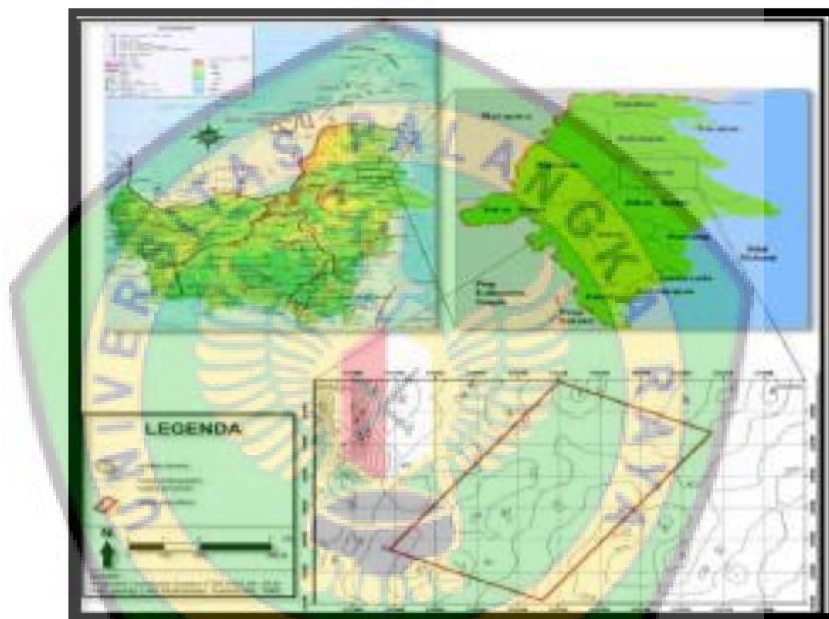


Gambar 3.1 Struktur Organisasi *Drill & Blast* PT. BUMA *jobsite* Binsua

3.3 Lokasi dan kesampian Daerah Penelitian

Lokasi penambangan PT. BUMA (Bukit Makmur Mandiri Utama) *site* Binungan, terletak di desa Sambaliung, kecamatan Tanjung Redep, kabupaten Berau, provinsi Kalimantan Timur, untuk menuju ke lokasi dapat menggunakan

transportasi udara dari Tjilik Riwut, Palangka Raya. Kemudian menuju Bandara Sepinggang, Balikpapan dengan waktu tempuh selama 1 jam 10 menit, kemudian dilanjutkan kembali dengan transportasi udara menuju ke bandara Kalimarau, Berau dengan pesawat udara berukuran kecil dengan waktu tempuh selama 1 jam, selanjutnya perjalanan dilanjutkan dengan transportasi darat menuju *site* penambangan dengan menempuh waktu selama 30 menit. (dapat dilihat pada 3.2)



(Sumber : Dokumen Perusahaan)

Gambar 3.2 Peta Kesampaian Daerah Penelitian

3.4 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Adapun kondisi geologi daerah penelitian adalah gambaran tatanan geologi di daerah penelitian. Berdasarkan peta geologi daerah penelitian (Lampiran A.2 Peta Geologi Daerah Penelitian), adalah seperti dibawah ini :

3.4.1 Fisiografi Cekungan Tarakan

Cekungan tarakan merupakan salah satu dari 3 (tiga) cekungan tersier utama yang terdapat di bagian timur *continental margin* Kalimantan dari utara ke selatan

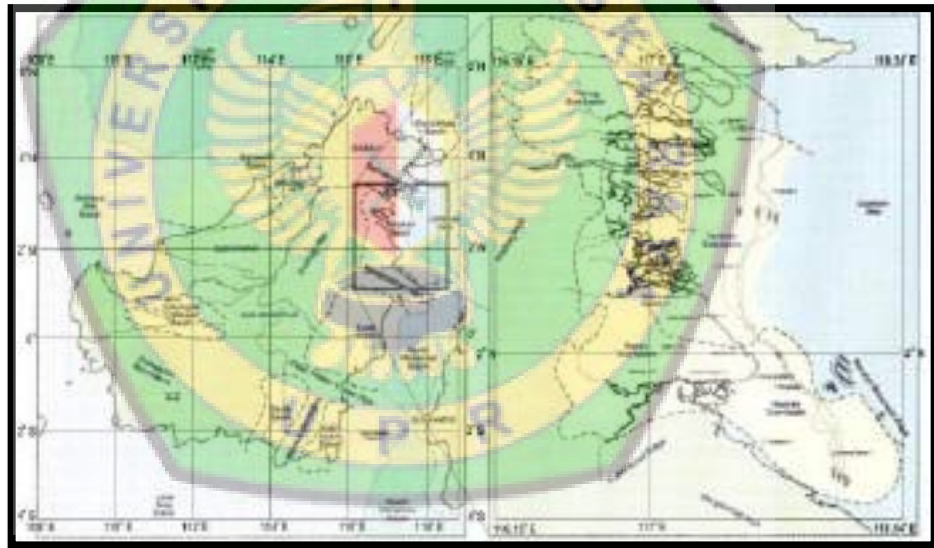
yaitu cekungan Tarakan, cekungan Kutai dan cekungan Barito yang dicirikan oleh hadirnya batuan sedimen klastik sebagai penyusunnya yang dominan, berukuran halus sampai kasar dengan beberapa endapan *karbonat*. *Fisiografi*, cekungan Tarakan meliputi kawasan daratan dan sebagiannya lagi kawasan lepas pantai di bagian utara dibatasi oleh tinggian semporna yang terletak sedikit ke utara antara perbatasan Indonesia-Malaysia, di sebelah selatan oleh pegunungan Mangkalihat yang memisahkan cekungan Tarakan dengan cekungan Kutai, kearah barat dari cekungan meliputi kawasan daratan sejauh 60-100 km dari petri pantai hingga Tinggian Kunching, ke arah timur batas cekungannya melewati kawasan cekungan benua dari Laut Sulawesi.

Cekungan Tarakan adalah daerah rendahan di sebelah utara cekungan Kutai di bagian Timur pulau Kalimantan yang bersama dengan cekungan lainnya menjadi pusat pengendapan sedimen dari bagian timur laut *sundaland* selama zaman *keneozoikun* (65,5-0,01 MA). Batas cekungan Tarakan di bagian barat di batasi oleh lapisan Pra Tersier Tinggian Kunching dan dipisahkan dari cekungan Kutai oleh kelurusan Timur-Barat tinggian Mangkalihat.

Proses pengendapan cekungan Tarakan di mulai dari daerah pengangkatan. Transgresi yang diperkirakan terjadi pada kala *Eosen* sampai *Miosen* awal (23-11,6 MA) bersamaan dengan proses terjadinya pengangkatan gradual dengan tinggian Kuching dari Barat ke Timur. Pada kala *Miosen* Tengah (11,6-6 MA) terjadi penurunan (*regresi*) pada cekungan Tarakan yang dilanjutkan dengan terjadinya pengendapan progradasi ke arah timur dan membentuk endapan *delta* yang menutupi endapan *prodelta* dan *batial*. Cekungan Tarakan mengalami proses

penurunan lebih aktif lagi pada kala *misoen* sampai *pliosen* (23-2,3 MA). Proses sedimentasi *delta* yang tebal relative bergerak ke arah timur terus berlanjut searah dengan waktu.

Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka ke Timur ke arah Selat Makasar atau laut Sulawesi yang meluas ke utara Sabah dan berhenti pada zona Subduksi di tinggian semporna dan merupakan cekungan paling utara di Kalimantan. Tinggian Kuching dengan inti lapisan pra-Tersier (145-65,6 MA) terletak di sebelah baratnya sedangkan batas selatannya adalah *Ridge Suikersbood* dan Tinggian Mangkahilat. (dapat dilihat pada 3.2)



(Sumber: *Core-Lab G&G Evaluation Simenggaris Block dengan modifikasi*)

Gambar 3.3 Cekungan Tarakan Kalimantan Timur

Di tinjau dari *facies* dan lingkungan pengendapannya cekungan Tarakan terbagi menjadi sub cekungan, yaitu seperti di bawah ini:

1. Tidung *sub-basin*, terletak paling utara dan untuk sebagian besar berkembang di daratan, terisi sedimen berumur oligesen sampai Miosen

Akhir (33,9-5,3 MA) Dipisahkan dengan berau *Sub-Basin* di bagian selatan oleh sekatak *Ridge*;

2. Berau *Sub basin*, terletak pada bagian selatan dan sebagian besar berkembang di daratan. Terisi oleh sedimen berumur *eosin* akhir sampai *miosen* akhir (55,8-5,3 MA);
3. Tarakan *sub-basin*, terletak pada bagian tengah dan merupakan sub cekungan paling muda. Perkembangan paling utara ke arah lepas pantai dan terisi dengan Formasi Tarakan-Bunyu yang berumur *Miosen* akhir (11,6-5,3 MA);
4. Muara *Sub-basin* merupakan *deposenter* paling selatan dan perkembangan sedimennya ke arah lepas pantai di utara tinggian mangkalihat. Muara sub-basin dipisahkan dengan Berau *sub-basin* di utaranya oleh *Suikerbrood Ridge*, yaitu suatu tinggian yang berarah barat timur.

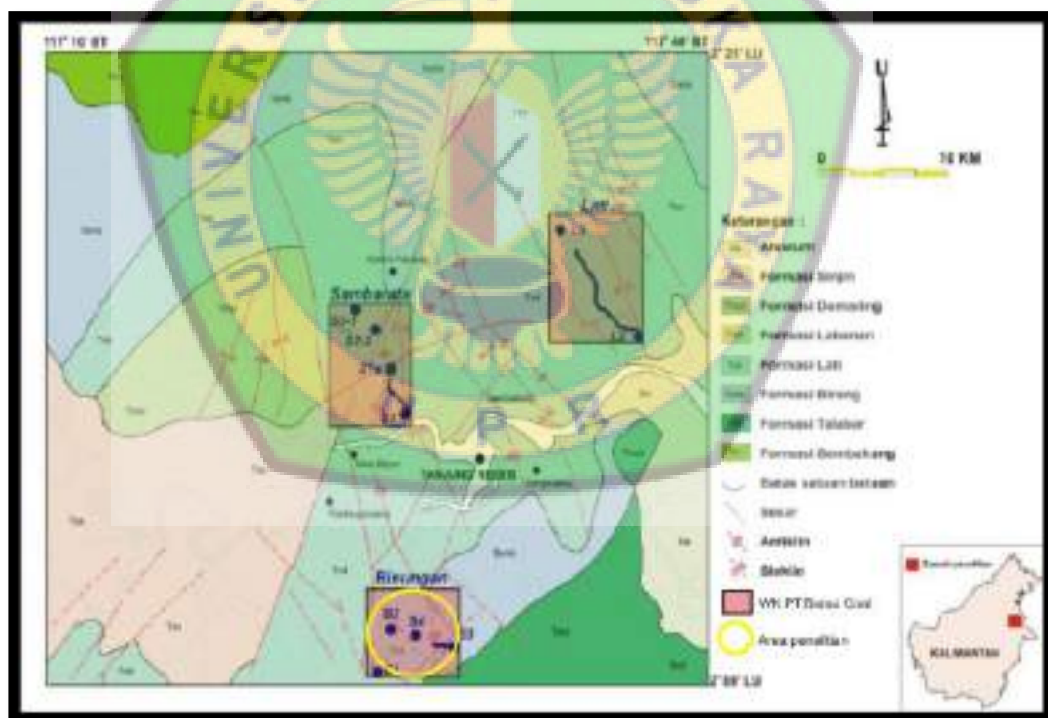
3.4.2 Kondisi Geologi Sub Cekungan Berau

Daerah Binungan terletak pada cekungan Tarakan, salah satu dari tiga cekungan utama di Mandala Kalimantan Timur yang berbentuk pada gurun tersier. Cekungan Tarakan terdiri dari empat anak cekungan (*sub-basin*) yaitu : Tidung, Tarakan, Muara dan Berau.

Daerah Binungan termasuk dari cekungan Berau yang merupakan anak cekungan (*sub basin*) dari cekungan tarakan yang terletak pada pantai timur laut Kalimantan Timur dan sebagian kecil berada di bagian tenggara Sabah. Luas cekungan seluas 300 km² arah Timur-Barat. Bagian selatan di batasi oleh Tinggian Mangkalihat yang merupakan pemisah antara Cekungan Tarakan dan

Cekungan Kutai di bagian Utara oleh Tinggian Kalimantan Utara (Malaysia), di sebelah barat oleh tinggian sekatak di bagian Selatan dan Anak Cekungan Tidung di bagian Utara.

Secara umum, geologi daerah Binungan terbentuk dari batuan formasi latih atau juga di kenal sebagai formasi lati. Batuannya berupa sedimen deltaic yang terdiri dari fraksi klastik halus serta lapisan batubara, dengan ketebalan bervariasi mulai dari <1 meter sampai dengan 8 meter. Data hasil pemboran eksplorasi menunjukkan dominasi batuan sedimen secara berurutan adalah batu lanau, batu lempung, batu pasir dan batubara.



Gambar 3.4 Peta daerah sekitar berau, Kalimantan Timur (situmarang dan Burhan, 1995 dengan modifikasi).

Pada beberapa lokasi yang relatif sempit, kadang berbentuk “*chanel system*” yakni hilangnya lapisan fraksi halus atau batubara di gantikan oleh lapisan batu pasir.

a. Struktur Geologi

Analisis struktur yang di peroleh dari rangkuman hasil penelitian PT. Indera Goedia tahun 1996 (*Interpretasi liniassi dari SAR dab posisiper lapisan*) dan hasil pengamatan pola struktur terhadap daerah yang baru di buka, khususnya di daerah kupasan rencana jalan ke suaran. Struktur lipatan yang terbentuk di daerah binungan terdiri dari :

1. Sinklin Binungan

Dengan arah Utara yang membentuk sayap (Timur dan Barat) relatif simetris dengan kemiringan 10° - 12° , mendekati sungai binungan, sinklin ini menunjam secara landau.

2. Antiklin Rantau

Arah utara - barat laut, di mulai dari arah sebelah Utara Sungai Berau sampai Binungan selatan. Sayap Barat Daya dengan kemiringan 50° - 70° dengan sayap Timur Laut dengan memiliki kemiringan 10° - 12° .

3. Sinklin Suaran

Sinklin Suaran membentuk lipatan terbuka dengan bentuk sayap *relative simetris* dan menunjam ke arah Barat Laut dengan kemiringan 10° - 30° . Terdapat dua struktur sesar yang terjadi di daerah Binungan ini yaitu sesar Binungan dan sesar kelay yang merupakan sesar ikutan (*secondary fault*). Sesar Binungan merupakan sesar utama memanjang 5 km dengan arah Barat Laut-Tenggara, sesar ini merupakan tipe sesar

gunting (*scissor-type*). Daerah Barat di interpretasi sebagai sesar naik relatif terhadap bagian Timur, hal ini di dasarkan data sebagai berikut:

- Adanya kenampakan pelurusan (*lineament*);
- Ditemukan material terbresikan (*bresiated*) dengan komponen batu gamping dan batu pasir pada jalur sesar;
- Terdapat kemiringan relatif besar dekat zona sesar. Sesar Kelai berarah Timur dengan pergeseran (*throw*) sekitar 30 m. Sesar ini di interpretasikan sebagai sesar naik dimana daerah Utara sesar bergerak naik relative terhadap daerah selatan.

3.5 Kondisi Curah Hujan

Daerah Berau berada pada kawasan beriklim tropis dengan dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan klasifikasi Koppen, iklim daerah berau termasuk golongan iklim A (iklim hujan tropis) dan menurut klasifikasi *Schmidt-Ferguson* iklim daerah berau termasuk tipe iklim A (sangat basah) dengan jenis vegetasinya hutan hujan tropis. Keadaan iklim rata-rata di Berau, yaitu suhu 28°C, kelembaban udara 88%, curah hujan maksimum 230.00 mm/tahun, dan kecepatan angin 5-7 knot.

Dari data rerata pengamatan curah hujan periode tahun 2010 hingga 2019 yang dilakukan PT Buma *site* Binungan terlihat bahwa curah hujan bulanan maksimum terdapat pada bulan september 2016 dengan curah hujan rata-rata 230.00 mm. (dapat dilihat pada tabel 3.1)

Tabel 3.1 Data Curah Hujan Daerah Tambang Binungan

CURAH HUJAN MAKSIMUM (mm)													
TAHUN	BULAN												MAX
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
2010	24.00	60.50	43.00	69.00	136.00	104.00	69.50	80.00	33.00	45.00	64.00	19.00	136.00
2011	27.50	29.60	95.00	36.00	37.00	28.50	125.90	110.00	74.60	29.50	38.00	46.30	125.95
2012	25.00	30.00	59.50	11.25	65.50	41.50	78.00	3.20	15.00	81.00	48.00	109.50	109.50
2013	55.00	97.00	125.00	76.50	119.00	119.50	135.00	65.00	153.00	115.00	92.00	109.00	153.00
2014	36.30	23.80	51.50	52.00	97.00	9.30	91.00	6.50	46.00	56.00	26.00	30.00	97.00
2015	41.50	17.00	52.00	67.00	32.00	50.00	47.50	28.70	13.00	26.00	74.00	175.00	175.00
2016	39.00	71.20	73.00	63.60	69.60	55.00	127.50	70.00	230.00	32.50	61.50	18.75	230.00
2017	56.00	89.00	65.00	79.00	44.00	73.00	20.50	126.00	0	5.00	25.00	70.50	126.00
2018	38.00	44.00	55.00	70.00	36.50	110.00	22.00	5.50	0	0	27.00	28.00	110.00
2019	22.00	106.00	100.00	101.00	61.50	22.10	28.10	5.40	67.10	38.80	68.00	19.50	106.00

(Sumber : PT. Buma Site Binungan)

3.6 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan saat melakukan penelitian ialah :

1. Kamera;
2. Alat Pelindung Diri;
3. Buku dan Alat Tulis;
4. Meteran;
5. Laptop;
6. Kalkulator.

3.7 Tata Laksana

Tata laksana penelitian ini adalah bahasan tentang langkah kerja dan metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini. Adapun penjelasan sebagai berikut:

3.7.1 Langkah Kerja

Adapun Langkah kerja yang dilakukan dalam dalam kegiatan ini adalah sebagai berikut :

1. Tahapan Persiapan

Studi literatur dilakukan sebelum dan terus dilakukan selama tahap tahap pengambilan data dan penyusunan. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan sumber-sumber informasi yang berkaitan dengan skripsi dan berbagai referensi atau literatur yang mendukung lainnya.

2. Tahap Pengambilan data

Melakukan observasi langsung dilapangan tentang kegiatan peledakan dengan melihat geometri dari peledakan terutama untuk kondisi lubang, kedalaman lubang ledaknya, penggunaan bahan peledaknya dan hasil getaran tanah hasil dari peledakan. Salah satu hasil peledakan dikatakan berhasil adalah getaran tanahnya tidak mempengaruhi permukiman dan dapat diterima lereng. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil orientasi dilapangan. Sedangkan data sekunder merupakan dokumen-dokumen penunjang dalam menulis laporan ini.

a. Data Primer

- 1) Mengambil data tahapan-tahapan proses kegiatan peledakan dimulai dari pengeboran;
- 2) Mengambil data geometri peledakan yang dipakai saat ini oleh perusahaan;
- 3) Mengitung nilai *powder factor* aktual Pit C West;

- 4) Menghitung nilai fragmentasi batuan hasil peledakan *airdeck*;
- 5) Menghitung tingkat getaran tanah menggunakan alat *Micromate III*.

b. Data Sekunder

- 1) Peta lokasi penambangan PT. BUMA *jobsite* BINSUA;
- 2) Peta kesampaian daerah dan Peta Geologi;
- 3) Data Curah Hujan Bulan Februari – Maret.

3.7.2 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah yang dimiliki atau dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data dan mengolah data yang telah didapat dari penelitian.

Adapun bahasan-nya seperti berikut :

1. Studi Literatur

Studi Literatur yaitu melakukan studi atau mencari referensi di perpustakaan dengan membaca literatur yang berkaitan dengan proses pengeboran dan peledakan dengan menggunakan metode *bottom deck*. Literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal penelitian, laporan, internet serta makalah-makalah yang berhubungan dengan penelitian.

2. Metode Pengambilan Data

Merupakan pengamatan langsung di lapangan terhadap operasional *drilling dan blasting*. Pengambilan data langsung di lapangan meliputi data proses kegiatan *drilling blasting*, menghitung geometri peledakan *airdeck*, mencatat penggunaan bahan peledakan dan mengukur tingkat getaran peledakan dengan alat *Micromate III*.

3. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan, kemudian dikelompokkan menjadi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diambil peneliti dilapangan dan diolah peneliti. Data sekunder adalah data penunjang yang didapat peneliti dari pihak Perusahaan PT Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binsua.

4. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap nilai fragmentasi, *powder factor* dan *Peak Vector Sum* (PVS) *actual* yang selanjutnya disajikan dalam bentuk rangkaian perhitungan.

3.8 Waktu Penelitian

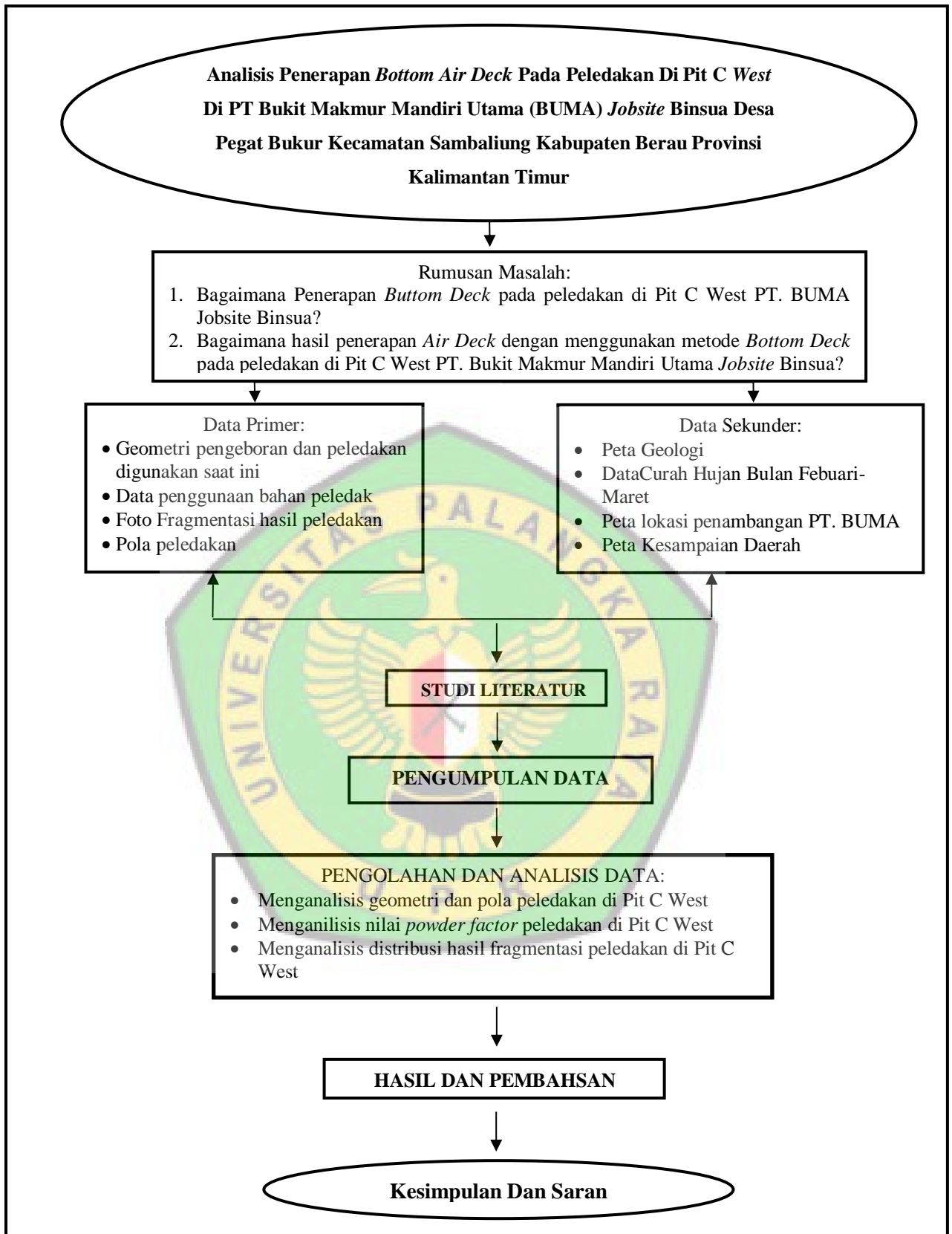
Pelaksanaan penelitian berlangsung dari Tanggal 6 Februari 2019 – 6 April 2019 pada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama jobsite Binsua Desa Pegat Bukur Kecamatan Sambaliung Kota Berau Provinsi Kalimantan Timur. (dapat dilihat pada tabel 3.2).

3.9 Bagan Alir Penelitian

Adapun alur penelitian ini sesuai dengan yang telah ditetapkan oleh peneliti. Yaitu dimulai dari tema/judul penelitian kemudian perumusan masalah, pengumpulan studi literatur, pengumpulan data primer dan data sekunder, pengolahan dan analisis data, penarikan kesimpulan dan saran atau seperti pada gambar 3.5 di halaman 41. Bagan alir penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tahapan penelitian secara umum.

Tabel 3.2 Tabel Kegiatan Penelitian

No	Keterangan	Tahun 2019											Tahun 2020			Tahun 2021			
		Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan - Des			Jan	Feb	Mar	
1	Studi Literatur	■																	
2	Konsultasi Proposal	■																	
3	Observasi Lapangan																		
4	Pengambilan Data																		
5	Pengolahan Data																		
6	Pembuatan Laporan																		
7	Seminar Laporan BUMA																		
8	Konsultasi proposal																		
9	Seminar Proposal																		
10	Revisi Prpopsal													■	■	■	■		
11	Seminar Hasil																	■	
12	Ujian Skripsi																		■



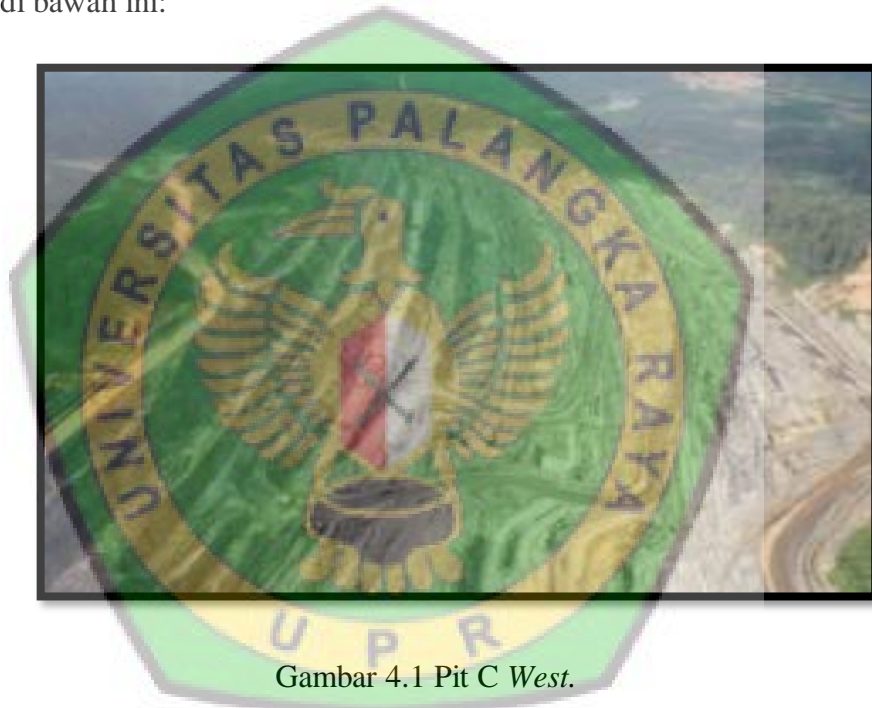
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Adapun foto tempat penelitian di Pit C West yang dapat dilihat pada gambar 4.1. Sedangkan untuk hasil yang didapat dari penelitian ini akan dijelaskan pada sub-bab di bawah ini:



Gambar 4.1 Pit C West.

4.1.1. Penerapan Airdeck Dengan Metode Bottom Deck

Airdeck merupakan salah revolusi di bidang peledakan khususnya di dunia pertambangan. *Airdeck* sendiri dibagi menjadi tiga bagian menurut posisi pada lubang ledak yaitu *top airdeck* (atas), *middle airdeck* (tengah), dan *bottom airdeck* (bawah). *Airdeck* terdiri dari dua bagian yaitu *cup* atau mangkok serta pipa sebagai penyangga, untuk pengertian tentang komposisi *airdeck* dan cara peletakan pada lubang ledak dapat dilihat pada penjelasan seperti berikut :

a. Cup (Sysdeck)

Cup yang digunakan pada *airdeck* adalah merk *sysdeck* yang berdiameter 204 mm selain itu ada beberapa cup yang berukuran 170 mm , tergantung pada diameter lubang ledak yang akan dipasangkan *airdeck* tersebut. Selain berbentuk *cup* atau mangkok ada pula jenis *airdeck* dengan bentuk seperti bola yang disebut dengan *rock lock*, namun untuk di PT Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binsua *airdeck* yang digunakan adalah jenis *Cup* dengan penyangga pipa *PVC*. (dapat dilihat pada gambar 4.2).



Gambar 4.2 *Cup Airdeck*.

b. Pipa (batang *air deck*)

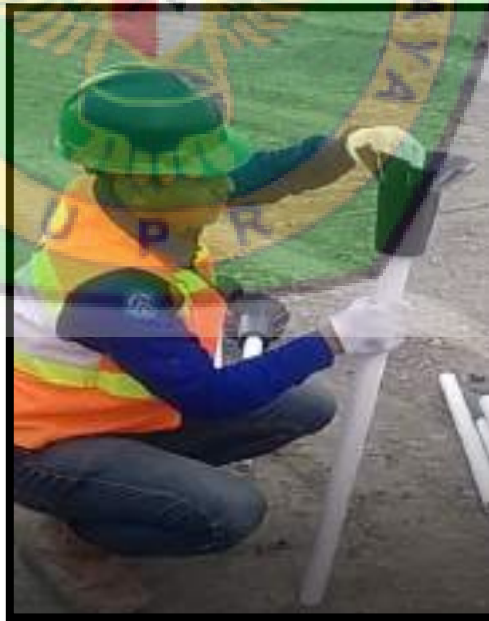
Pipa yang digunakan adalah pipa *PVC* berdiameter $\frac{3}{4}$ inch dengan panjang 1 meter. (dapat dilihat pada gambar 4.3)



Gambar 4.3 Pipa PVC 1 Inch.

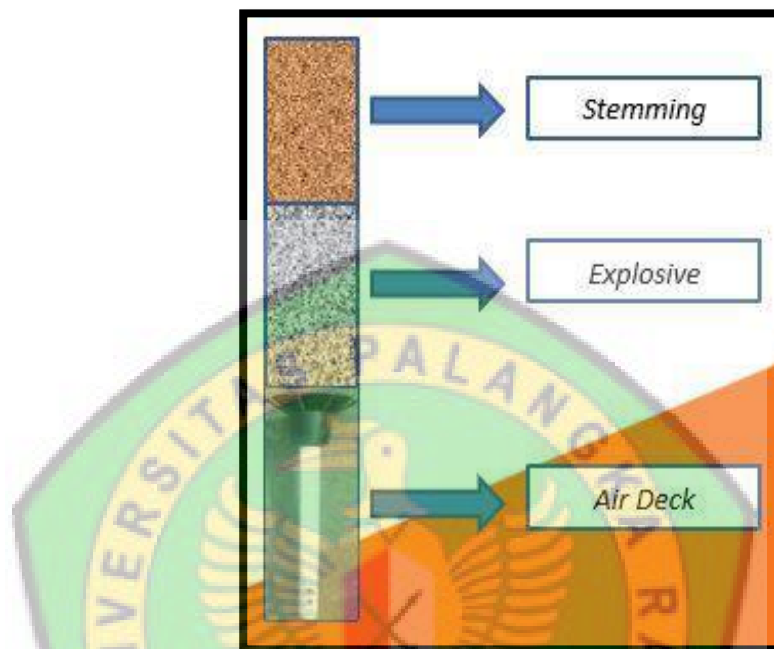
c. Proses Pemasangan Dan Peletakan Airdeck

Proses pemasangan *airdeck* dengan menyambungkan bagian *cup* dengan pipa menjadi satu bagian, dengan cara memasukan pipa ke dalam lubang pada bagian bawah *cup*. (dapat dilihat pada gambar 4.4).



Gambar 4.4 Pemasangan Airdeck.

Airdeck diletakan pada bagian bawah lubang ledak yang mana sesuai dengan metode *bottom deck* yang digunakan di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *jobsite* Binsua. (dapat dilihat pada gambar 4.5).



Gambar 4.5 Posisi *Airdeck*.

Gambar penerapan *airdeck* di atas menjelaskan bagaimana posisi peletakan *sysdeck* yang sesuai dengan metode *bottom deck*, yang mana pada bagian tengah terdapat bahan peledak yang di tahan oleh *cup* atau mangkok *sysdeck*.

Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah nilai dari faktor batuan pada lapisannya. Karakteristik massa batuan yang harus perlu diperhatikan pada peledakan *airdeck* berupa *rock mass description (RMD)*, *joint plane spacing (JPS)*, *joint plane orientation (JPO)*, *specific gravity influence (SGI)*, dan kekerasan batuan (*hardness*). Nilai faktor batuan ini juga yang akan digunakan untuk memperhitungkan nilai *powder factor* batuan dan

juga membantu perhitungan fragmentasi batuan teori *Kuz Ram*. (dapat dilihat pada tabel 4.1)

Tabel 4.1 Pembobotan Massa Batuan Pit C West

1. Rock Mass Description (RMD)	Rating
<i>Powder/Friable</i>	10
2. Joint Plane Spacing (JPS)	Rating
<i>Close (Spaci < 0,1m)</i>	10
3. Joint Plane Orientation (JPO)	Rating
Stike Normal Face	30
4. Spesific Gravity Influence (SGI)	10
5. Hardness (H)	2,4

d. Geometri Peledakan *Airdeck*

Geometri peledakan merupakan desain awal sebelum melakukan peledakan. Selain itu geometri peledakan juga untuk mengontrol hasil suatu kegiatan peledakan, rancangan peledakan yang baik akan menghasilkan efek peledakan yang baik pula, selain itu akan didapat juga hasil fragmentasi batuan sesuai dengan standar produk yang dikehendaki. Geometri peledakan yang dimaksud meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, *powder column*, *subdrilling*, diameter lubang ledak dan juga kedalaman lubang. (*Plan Blasting* dapat dilihat pada gambar 4.6)

Dalam penelitian yang dilakukan dilapangan, geometri peledakan berpengaruh terhadap hasil peledakan berupa fragmentasi yang akan dihasilkan nanti dan juga berpengaruh terhadap akibat yang dihasilkan dari aktivitas peledakan. Hubungan antara parameter geometri peledakan tersebut akan menentukan baik atau tidaknya hasil dari peledakan. (Geometri peledakan *actual airdeck* dapat dilihat pada tabel 4.2)



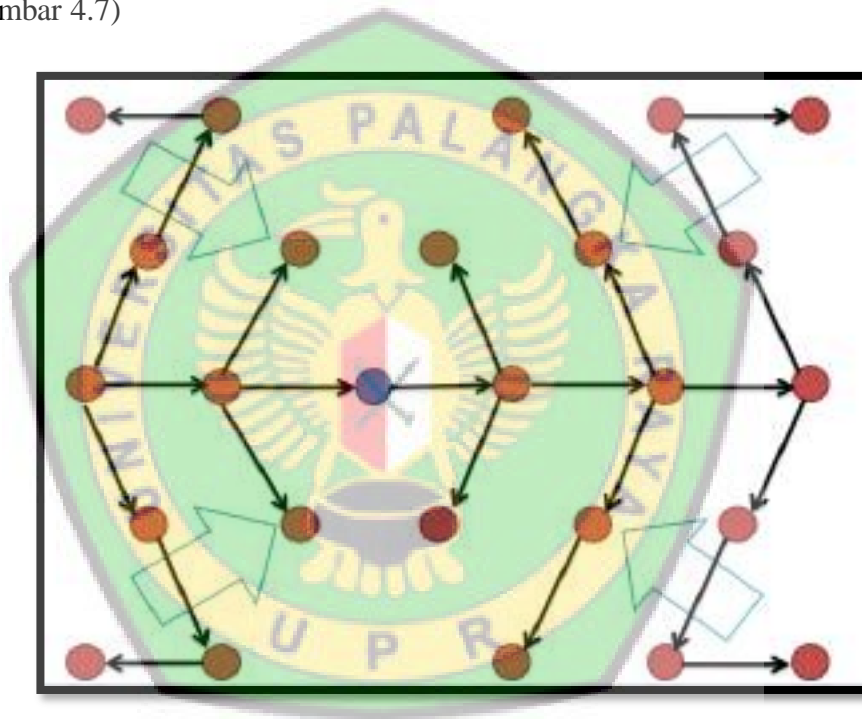
Gambar 4.6 *Plan Blasting*.

Tabel 4.2 Geometri Peledakan *Air decking*.

Taggal	B	S	H	PC	ST
10-Mar-19	8.5	8.8	7.1	2.91	3.23
12-Mar-19	7.9	8.9	6.9	2.77	3.14
13-Mar-19	8.0	8.9	7.0	2.81	3.17
14-Mar-19	7.9	8.9	7.9	2.90	3.25
16-Mar-19	8.2	9.1	7.4	3.02	3.34
17-Mar-19	8.1	9.1	6.7	2.64	3.04
18-Mar-19	8.3	9.1	7.2	2.95	3.29
19-Mar-19	8,3	9.3	6.9	2.77	3.15
20-Mar-19	8.0	8.9	6.8	2.70	3.07
21-Mar-19	8.0	8.9	7.0	2.83	3.19
22-Mar-19	8.2	9.2	7.0	2.81	3.19
23-Mar-19	8.1	9.0	7.0	2.79	3.16
25-Mar-19	8,1	9,1	7,2	2,93	3,27
26-Mar-19	8,2	9,1	6,6	2,58	3,01

e. Pola Peledakan

Pola peledakan yang digunakan PT. Bukit Makmur Mandiri Utama pada peledakan *airdeck* pada umumnya menggunakan pola *box-cut*. Pola peledakan ini paling sering digunakan pada peledakan *airdeck*. Pola peledakan *box-cut* merupakan pola peledakan yang arah runtuhannya ke depan dan membentuk kotak. (Pola peledakan *box-cut* dapat dilihat pada gambar 4.7)



Gambar 4.7 Pola Peledakan *Box Cut*.

4.1.2. Hasil Penerapan *Air Deck*

Penerapan *airdeck* pada peledakan di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *jobsite* Binsua menghasilkan ukuran fragmentasi dan *powder factor* yang berbeda dengan peledakan *konvensional*. Hasil dari penerapan *airdeck* yang didapat sebagai berikut:

A. Hasil Powder Factor

Selain geometri peledakan, nilai *powder factor* juga mempengaruhi hasil peledakan berupa fragmentasi. Nilai *powder factor* yang dihasilkan akan menjadi bahan evaluasi pada nilai ekonomis kegiatan peledakan karena berkaitan dengan harga bahan peledak yang digunakan dan perolehan fragmentasi peledakan yang akan dihasilkan.

Perhitungan jumlah bahan peledak dapat dihitung menggunakan persamaan 2.10 berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Loading density} &= \frac{3,14 \times r^2 \times \text{Densitas bahan peledak}}{1 \text{ meter}} \\
 X &= \frac{3,14 \text{ cm} \times 104^2 \text{ mm} \times 1,15 \text{ gr/cc}}{1 \text{ meter}} \\
 X &= \frac{3,14 \text{ cm} \times 104,04 \text{ cm}^2 \times 1,15 \text{ gr/cc}}{1 \text{ meter}} \\
 X &= \frac{32668,56 \text{ cm}^3 \times 1,15 \text{ gr/cc}}{1 \text{ meter}} \\
 X &= 37568,844 \text{ gr/m} \\
 X &= 37,568 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Specific gravity untuk emulsi yang digunakan adalah 1,15 gr/cc.

Nilai *loading density* ini dipakai untuk menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan per satuan meter baik itu dalam geometri peledakan *konvensional* maupun peledakan *airdeck*. Nilai *powder factor* yang dihasilkan dari peledakan dengan menggunakan *airdeck* dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Powder Factor* Peledakan *Air decking*.

Tanggal	JUMLAH LUBANG	JUMLAH BAHAN PELEDAK (kg)	VOLUME OB (Bcm)	PF (kg/m ³)
10-Mar-19	82	8823	43353	0.20
12-Mar-19	71	7388	34618	0.21
13-Mar-19	54	5710	26741	0.21
14-Mar-19	60	6547	30307.9	0.21
16-Mar-19	66	7494	36219	0.20
17-Mar-19	65	6446	32022	0.20
18-Mar-19	79	8825	42363	0.20
19-Mar-19	51	5343	27075,28	0.19
20-Mar-19	78	7940	37513	0.21
21-Mar-19	78	8308	38884.13	0.21
22-Mar-19	80	8457	41685.02	0.20
23-Mar-19	58	6111	29401.8	0.20
25-Mar-19	95	10439	50196,49	0,20
26-Mar-19	89	8651	43333,66	0,19

B. Hasil Fragmentasi

Ukuran fragmentasi peledakan merupakan hasil akhir dari peledakan, dimana besarnya nilai fragmentasi menentukan apakah peledakan tersebut berhasil atau tidak. Di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *jobsite* Binsua besaran ukuran fragmentasi yang targetkan adalah <100 Cm, apabila lebih dari 100 Cm maka disebut dengan *boulder*. Perhitungan ukuran fragmentasi dihitung menggunakan metode *Kuz Ram*. Hasil perhitungan fragmentasi batuan menggunakan metode *Kuz Ram* dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Distribusi Fragmentasi Peledakan *Air Decking* Menggunakan Teori *Kuz Ram*.

Ukuran batuan (mm)	R100 (%)													
	10/03/2019	12/03/2019	13/03/2019	14/03/2019	16/03/2019	17/03/2019	18/03/2019	19/03/2019	20/03/2019	21/03/2019	22/03/2019	23/03/2019	25/03/2019	26/03/2019
100	9,92	10,18	11,11	9,50	10,88	10,45	10,64	10,28	10,88	11,26	10,56	10,67	11,14	9,99
200	18,85	19,32	20,99	18,10	20,57	19,82	20,14	19,49	20,57	21,26	20,00	20,21	21,03	18,98
300	26,89	27,53	29,77	25,88	29,21	28,20	28,64	27,77	29,21	30,13	28,45	28,72	29,83	27,08
400	34,14	34,90	37,58	32,92	36,91	35,71	36,23	35,19	36,91	38,00	36,00	36,33	37,64	34,36
500	40,67	41,53	44,52	39,29	43,77	42,43	43,01	41,85	43,77	44,98	42,76	43,12	44,59	40,92
600	46,56	47,48	50,68	45,06	49,89	48,45	49,07	47,82	49,88	51,18	48,80	49,19	50,76	46,82
700	51,86	52,82	56,16	50,28	55,34	53,84	54,49	53,18	55,34	56,68	54,21	54,62	56,24	52,14
800	56,63	57,62	61,03	55,00	60,20	58,66	59,33	57,99	60,19	61,56	59,04	59,46	61,12	56,92
900	60,93	61,93	65,37	59,28	64,53	62,98	63,66	62,31	64,52	65,89	63,37	63,79	65,45	61,22
1000	64,80	65,81	69,21	63,15	68,39	66,85	67,52	66,18	68,38	69,73	67,23	67,65	69,30	65,10
2000	87,61	88,31	90,52	86,42	90,01	89,01	89,45	88,56	90,00	90,84	89,26	89,53	90,57	87,82

1. *Optimum Explosive Performance*

Untuk mengoptimalkan hasil peledakan maka perlu mengetahui dan menghitung 3 komponen penting dalam pendistribusian *energy* seperti berikut ini :

- **Distribusi Energi**

Energi distribusi peledakan berkaitan dengan *patern* atau geometri peledakan yang akan digunakan, untuk mencari besaran *patern* atau geometri peledakan yang akan digunakan di lapangan, maka bisa dicari dengan persamaan 2.3 dan 2.4 seperti berikut :

➤ $SG_e = 1,15 \text{ gr/cc}$

➤ $SG_s = 1,2 \text{ gr/cc}$

➤ $SG_b = 2,4 \text{ ton/m}^3 \text{ (135,921 lb/ft)}$

➤ $SG_{bs} = 2,5 \text{ ton/m}^3 \text{ (156 lb/ft)}$

➤ $V_e = 5000 \text{ m/s (16.404,21 fps)}$

➤ $V_{es} = 1200 \text{ fps}$

$$\begin{aligned} - \text{AF1} &= \left[\frac{SG_e \times V_e}{SG_s \times V_{es}} \right]^{1/3} \\ &= \left[\frac{1,15 \times (16404,21)^2}{1,2 \times (12000)^2} \right]^{1/3} \\ &= (1,790)^{1/3} \\ &= 1,211 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{AF2} &= \left[\frac{SG_b}{SG_{bs}} \right] \\ &= \left[\frac{156}{135,921} \right] \\ &= 1,046 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Kb} &= \text{Kbstd} \times \text{AF1} \times \text{AF2} \\
 &= 30 \times 1,211 \times 1,046 \\
 &= 38,001
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Burden} &= \left[\frac{\text{Kb} \times \text{De}}{12} \right] \\
 &= \left[\frac{38,001 \times 8,031}{12} \right] \\
 &= 25,43 \text{ ft} \\
 &= 7,7 \text{ meter} \\
 \text{➤ Spasi} &= 1,15\text{B} \\
 &= 1,15 \times 7,7 \\
 &= 8,8 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- **Energy Level**

Energy level peledakan berkaitan dengan nilai *Vertical Energy Distribution* bahan peledak yang digunakan. (dapat dilihat pada gambar 4.8).

Technical Information		BULK SYSTEMS®							
Properties									
TITAN 8000 Series	8020	8026	8048	8080	8090	8092	8098	8099	
Emulsion %	20	26	40	57	60	60	70	100	
Cup Density (avg g/cm ³) ^{1,2}	0.90	1.00	1.26	1.33	1.35	1.16	1.16	1.15	
Min. Diameter (mm)	102	102	127	200	102	89	78	70	
Energy (MJ/kg) ³	3.5	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1	3.0	2.7	
VoD (m/sec) ⁴	5400 - 5800								
RWS ⁵	85	80	80	80	80	84	81	73	
RBS ⁶	100	120	130	150	120	100	114	102	
CO ₂ Emission (cc/shot) ⁷	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.16	0.16	0.14	

Gambar 4.8 *Technical Information Of Bulk Emulsion.*

- **Energi Confinement**

Energi *comfinement* berkaitan dengan pengungkungan bahan peledak, pengungkungan yang dimaksud adalah seberapa panjang *stemming* yang dibutuhkan berdasarkan VED (*Vertical Energy Distribution*). Panjang *stemming* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{VED} &= \frac{H-St}{H} \\ 0,45 &= \frac{7-St}{7} \\ 0,45 \times 7 &= 7 - St \\ 3,15 &= 7 - St \\ St &= 7 - 3,15 \\ St &= 3,85 \text{ meter} \end{aligned}$$

Sehingga *stemming airdeck* ialah 2,95 meter dan panjang kolom isian 3,05 meter hal ini dikarenakan *airdeck* 1 meter mengurangi 0,90 meter panjang *stemming* dan 0,10 meter panjang isian kolom bahan peledak.

Selain itu untuk lebih memaksimalkan *energy* distribusi peledakan, perlu kita untuk menghitung *Scale Depth Of Burial*.

Rumus mencari nilai SDOB seperti pada persamaan 2.14 berikut :

$$\text{SD} = D/W^{0,333}$$

Sehingga

$$D = \text{Stemming} + (0,5 \times \text{Charge Leght (PC)})$$

$$D = 2,95 + (0,5 \times 3,05)$$

$$D = 4,47$$

Sehingga:

$$SD = 4,47/114^{0,333}$$

$$SD = 0,92 \text{ m/kg}$$

- **Perhitungan perkiraan fragmentasi menurut Kutznetsov dan Rosin – Rammler.**

Perhitungan perkiraan fragmentasi menurut *Kutznetsov* dan

Rosin – Rammler :

- *Burden* (B) = 7,7 meter
- *Spacing* (S) = 8,8 meter
- *Stemming* (T) = 2,95 meter
- *Subdrilling* (J) = 0 meter
- Tinggi jenjang (H) = 7 meter
- Lubang isian bahan peledak (PC) = 3,05 meter
- *Pattern* = *Staggered*

- Kebutuhan bahan peledak tiap lubang ledak (Q) = 114 kg
- Volume batuan/lubang ledak (V) = $7,7 \times 8,8 \times 7 = 474,32$
bcm
- Faktor batuan (A) = 3,74
- Diameter lubang ledak (De) = 204 mm
- RWS EMULSION (E) = 115

Untuk ukuran rata-rata fragmentasi hasil ledakan, dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus *KUZNETSOV* (1973).

Seperti pada persamaan 2.19 sebagai berikut :

$$X = A \times \left[\frac{V}{Q} \right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left[\frac{E}{1115} \right]^{-0,63}$$

$$X = 3,74 \times \left[\frac{474,32}{114} \right]^{0,8} \times 114^{0,17} \times \left[\frac{115}{1115} \right]^{-0,63}$$

$$X = 3,74 \times 3,12 \times 2,23 \times 1$$

$$X = 26,20 \text{ cm}$$

Untuk mengetahui besarnya persentase bongkah pada hasil peledakan di permukaan kerja, dapat digunakan persamaan *ROSIN-RAMMLER* (1951) sebagai berikut.

- *Indeks Keseragaman* (n) :

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

$$n = \left[2,2 - 14 \frac{7,7}{204} \right] \left[1 - \frac{0}{7,7} \right] \left[1 + \frac{\left(\frac{8,8}{7,7} - 1 \right)}{2} \right] \frac{3,05}{7}$$

$$n = [1,78] [1] [1,07] 0,43$$

$$n = 0,81$$

- *Karakteristik Ukuran* (X_c) :

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

$$X_c = \frac{26,02}{(0,693)^{1/0,81}}$$

$$X_c = 48,45$$

- Persentase Ukuran Material (R_c) :

$$R_X = e^{-\left(\frac{X}{X_c}\right)^n}$$

$$R_{20} = e^{-\left(\frac{20}{48,45}\right)^{0,81}}$$

$$= 72,46 \% \geq 20 \text{ cm (Persentase tidak lolos)}$$

$$= 27,54 \% < 20 \text{ cm (Persentase lolos)}$$

$$R_{40} = e^{-\left(\frac{40}{48,45}\right)^{0,81}}$$

$$= 52,51 \% \geq 40 \text{ cm (Persentase tidak lolos)}$$

$$= 47,49 \% < 40 \text{ cm (Persentase lolos)}$$

$$R_{60} = e^{-\left(\frac{60}{48,45}\right)^{0,81}}$$

$$= 38,05 \% \geq 60 \text{ cm (Persentase tidak lolos)}$$

$$= 61,95 \% < 60 \text{ cm (Persentase lolos)}$$

$$R_{80} = e^{-\left(\frac{80}{48,45}\right)^{0,81}}$$

$$= 27,57 \% \geq 80 \text{ cm (Persentase tidak lolos)}$$

$$= 72,43 \% < 80 \text{ cm (Persentase lolos)}$$

$$R_{100} = e^{-\left(\frac{100}{48,45}\right)^{0,81}}$$

$$= 19,98 \% \geq 100 \text{ cm (Persentase tidak lolos)}$$

$$= 80,02 \% < 100 \text{ cm (Persentase lolos)}$$

Nilai perkiraan ukuran fragmentasi yang didapatkan kemudian dimasukkan kedalam tabel 4.5 seperti berikut :

Tabel 4.5 Perkiraan Ukuran Fragmentasi Berdasarkan Model *Kuz Ram* Dengan Bahan Peledak *EMULSION*.

Ukuran (cm)	Tidak Lolos (%)	Lolos (%)
20	72,46	27,54
40	52,51	47,49
60	38,05	61,95
80	27,57	72,43
100	19,98	80,02

- **Simulasi Rancangan Geometri Peledakan**

Tabel 4.6 Simulasi Rancangan Geometri Peledakan RL Ash. (Untuk desain rancangan geometri peledakan dapat dilihat pada lampiran F)

Parameter	Aktual	RL Ash A	RL Ash B
Geometri			
<i>Burden</i> (m)	8	7,7	7,7
<i>Spasi</i> (m)	9	8,8	8,8
<i>Kedalaman Lubang</i> (m)	7	7	7
<i>Stemming</i> (m)	3,35	3,35	2,95
<i>Powder Colom</i> (m)	2,65	2,65	3,05
<i>Isian Handak</i> (kg)	106	99,55	114
Volume (m³)	180.000	180.000	180.000
Powder Factor (kg/m)	0,21	0,21	0,24
Max Handak Perhari (kg)	51.000	51.000	51.000
Jumlah Lubang	357	379	379
Jumlah Handak Digunakan (kg)	37.842	37.729	43.206
Airdecking (stemming : PC)	50 : 50	50 :50	90 : 10
Fragmentasi (%)	65,40	67,25	80,02

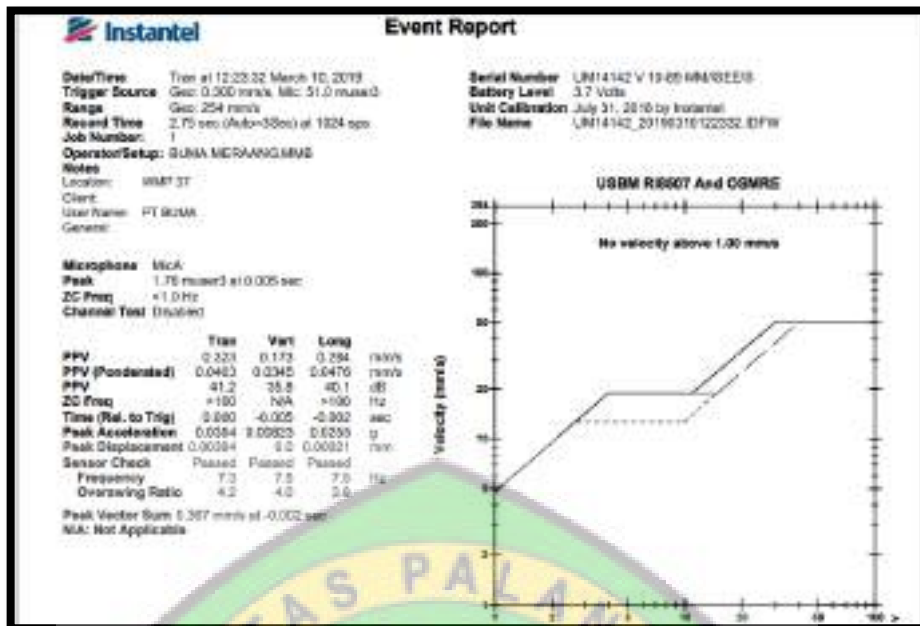
C. Getaran Hasil Peledakan *Air decking* Dengan Teori *Scale Distance (SD)*

Pengukuran getaran tanah pada Pit C West dilakukan di WP 37, dimana lokasi tersebut merupakan tempat penampungan air atau *Setling Pond* yang akan dialirkan menuju sungai.

Dalam pemantauan getaran peledakan dilakukan pengukuran *PPV* (kecepatan partikel puncak) dengan menggunakan alat *Micromate II*. Pada saat pengukuran *PPV*, *Micromate II* dipasang dengan posisi *geophone* dan *microphone* yang mengarah ke arah lokasi peledakan. *Geophone* dan *microphone* akan merekam getaran tanah dan suara ledakan (*noise*) yang dihasilkan dari kegiatan peledakan. Hasil pengukuran *PPV* pada kegiatan peledakan di Pit C West pada tanggal 10 Maret 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kegiatan Pengukuran Tingkat Getaran Tanah.



Gambar 4.10 Hasil Pengukuran Getaran Tanggal 10 Maret 2019.

Adapun hasil pengukuran getaran tanah dan nilai *Scaled Distance* (SD) di Pit C West selama penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Getaran Tanah.

Tanggal Peledakan	Jumlah Lubang	Jarak (m)	Data (mm/s)				Pola Peledakan	Isian per Lubang (kg)	Scale Distance (m/kg)
			Trans	Vert	Long	PVS			
10-Mar-19	82	2038	0,323	0,173	0,284	0,367	Box Cut	106	197,946
12-Mar-19	71	1858	0,229	0,386	0,181	0,398	Box Cut	106	180,454
13-Mar-19	54	1611	0,363	0,370	0,260	0,555	Box Cut	106	156,474
14-Mar-19	60	1720	0,378	0,221	0,481	0,650	Box Cut	108	165,507
16-Mar-19	66	1993	0,441	0,410	0,268	0,651	Box Cut	114	186,661
18-Mar-19	79	2166	0,244	0,441	0,229	0,456	Box Cut	102	214,465
20-Mar-19	78	1773	0,307	0,355	0,418	0,479	Box Cut	116	164,618
21-Mar-19	78	2092	0,284	0,315	0,205	0,445	Box Cut	106	203,193
25-Mar-19	95	2058	0,378	0,378	0,229	0,568	Box Cut	110	196,222

Hubungan *PVS* dan *SD* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $Y =$

$$aX^b \text{ atau } \log Y = \log a + b \log X.$$

Tabel 4.8 Perhitungan Rumus Hubungan PVS dan SD.

NO	PVS (mm/s)	Scaled Distance (m/kg ^{-0,5})	X	Y	X.Y	Log2X
			Log SD	Log PVS		
1	0,367	197,946	2,297	-0,435	-1,000	5,274
2	0,398	180,454	2,256	-0,400	-0,903	5,091
3	0,555	156,474	2,194	-0,256	-0,561	4,816
4	0,650	165,507	2,219	-0,187	-0,415	4,923
5	0,651	186,661	2,271	-0,186	-0,423	5,158
6	0,456	214,465	2,331	-0,341	-0,795	5,435
7	0,479	164,618	2,216	-0,320	-0,709	4,913
8	0,445	203,193	2,308	-0,352	-0,812	5,326
9	0,568	196,222	2,293	-0,246	-0,563	5,257
JUMLAH	20,386	-2,723	-6,181	46,193		

Dengan Y adalah variabel terikat (nilai PVS) dan X sebagai variabel bebas (nilai SD), maka :

$$b = \frac{n(\sum \log X \log Y) - (\sum \log X)(\sum \log Y)}{n(\sum \log^2 X) - (\sum \log X)^2}$$

$$b = \frac{9(-6,181) - (20,386)(-2,723)}{9(46,193) - (20,386)^2}$$

$$b = -0,7919$$

$$\text{Log } a = \frac{\sum \log Y}{n} - b \frac{\sum \log X}{n}$$

$$\text{Log } a = \frac{-2,723}{9} - (-0,7919) \frac{20,386}{9}$$

$$\text{Log } a = 1,4841$$

$$\text{Antilog } a = 30,4859, \text{ maka } a = 30,4859$$

Sehingga didapatkan persamaan:

$$Y = 30,4859 X^{(-0,7919)}$$

$$\text{PVS} = 30,4859 \text{ SD}^{-0,7919}$$

Dari persamaan diatas maka didapatkan nilai koefisien $k = 30,4859$ dan $e = -0,7919$. Berdasarkan hasil dari nilai konstanta k dan konstanta e didapat nilai PVS rancangan sebagai berikut :

Tabel 4.9 Hasil perhitungan nilai *PVS* rancangan

No	Jarak (m)	Isian Per Delay (kg)	SD (m/kg ^{0,5})	PVS (mm/s)
1	300	114	28,09	2,172
2	400	114	37,46	1,729
3	500	114	46,82	1,449
4	600	114	56,19	1,254
5	700	114	65,56	1,110
6	800	114	74,92	0,999
7	900	114	84,29	0,910
8	1000	114	93,65	0,837
9	1100	114	103,12	0,775
10	1200	114	112,39	0,724
11	1300	114	121,75	0,680
12	1400	114	131,12	0,641
13	1500	114	140,48	0,607

4.2 Pembahasan

Adapun hasil dari penelitian ini akan dibahas pada sub-bab di bawah ini:

4.2.1 Penerapan *Airdeck* Dengan Metode *Bottom Deck*

Berikut ini adalah pembahasan dari penerapan *airdeck* dengan metode *bottom deck*:

a. *Cup (Sysdeck)*

Cup atau mangkok yang digunakan untuk merakit *airdeck* adalah merk *sysdeck* yang berbahan dasar plastik berwarna hitam pekat dengan diameter 204 mm selain itu PT Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binsua juga menggunakan *sysdeck* dengan ukuran 170 mm yang digunakan

pada DM-14, namun untuk di Pit C *West* sendiri lebih banyak menggunakan *sysdeck* dengan ukuran 204 mm.

b. Pipa PVC

Pipa yang digunakan sebagai penyangga *cup* atau mangkok pada *airdeck* adalah pipa *PVC* (*Polivinil klorida*) yang biasa digunakan pada pipa air umumnya. Panjang pipa yang digunakan adalah 100 cm namun ada juga panjang *airdeck* yang menggunakan pipa 50 cm namun sudah tidak digunakan lagi pada proses peledakan, sedangkan untuk diameter pipa yang digunakan adalah 1 inchi atau 25 mm.

c. Pemasangan *Airdeck*

Airdeck terdiri dari 2 bagian yang terpisah yaitu *cup* atau mangkok dan pipa *PVC*, cara pemasangan atau perakitan *airdeck* yaitu dengan menyatukan *cup* dengan pipa dengan cara memasukan bagian pipa kedalam lubang atau soket yang terdapat di bagian bawah *cup*, setelah sudah tertancap maka ujung pipa yang tidak dipasang ke bagian *cup* dihentak ke tanah secara perlahan-lahan sampai pipa terpasang dengan erat pada bagian soket *cup sysdeck*. Penggunaan *airdeck* sendiri bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan peladak yang digunakan hal ini bertujuan untuk mengurangi nilai *powder factor* pada kegiatan peledakan. *Airdeck* yang digunakan adalah berukuran 1 meter yang diletakan pada bagian paling bawah lubang ledak, *airdeck* ini tidak serta merta mengurangi penggunaan bahan peledak sepanjang 1 meter namun hanya mengurangi 50% dari

panjang *airdeck* tersebut, sedangkan untuk 50% sisanya yaitu mengurangi panjang *stemming*.

d. Geometri Peledakan *Airdeck*

Geometri peledakan *airdeck* pada dasarnya sama dengan geometri peledakan *konvensional*, namun yang membedakan adalah pada geometri peledakan *airdeck*, panjang kolom isian menjadi lebih pendek dari kolom peledakan *konvensional*. Posisi *airdeck* yang diterapkan dilapangan adalah *bottom airdeck* (posisi paling dasar). Tetapi peledakan dengan metode *airdeck* tidak dapat dilakukan pada kondisi lubang tertentu, misalkan lubang berair karena akan menyebabkan *sysdeck* tidak terpasang dengan baik pada dasar lubang ledak, dan juga peledakan dengan metode *airdeck* tidak dapat dilakukan pada dinding lubang yang tidak rata serta kedalaman lubang yang kurang dari 5 meter karena dianggap akan membuang sia-sia energi dari bahan peledak itu sendiri.

➤ *Burden*

Ukuran *burden* pada geometri peledakan *airdeck* yang digunakan perusahaan adalah 8 meter, selama penelitian berlangsung *burden* yang terhitung berkisar antara 7,9 meter – 8,5. Nilai *burden* ini tidak berbanding jauh dengan nilai *burden* plan. Namun terkadang ditemukan beberapa *burden* yang tidak sesuai dengan rencana awal, hal ini disebabkan oleh beberapa *factor* antara lain hilangnya titik atau penanda yang telah di pasang pada saat persiapan atau

pemasangan titik lubang bor, sehingga operator *drilling* hanya mengira-ngira letak titik lubang bor yang akan dibor.

➤ *Spacing*

Ukuran spasi pada geometri peledakan *airdeck* yang digunakan perusahaan adalah 9 meter, selama penelitian berlangsung *burden* yang dihitung berkisar antara 8,8 meter – 9,2 meter. Nilai spasi ini tidak berbanding jauh dengan nilai spasi plan.

➤ *Stemming*

Ukuran *stemming* pada geometri peledakan *airdeck* selama penelitian berlangsung berkisar antara 2,36 meter – 4,10 meter. Ukuran *stemming* pada geometri peledakan *airdeck* lebih kecil, hal ini dikarenakan adanya pengurangan sebesar 0,5 meter dari pemasangan *airdeck* pada dasar lubang ledak.

➤ Panjang kolom isian

Ukuran panjang kolom isian pada geometri peledakan *airdeck* selama penelitian berlangsung berkisar antara 1,64 meter – 3,90 meter. Nilai kolom isian ini menjadi lebih pendek dari kolom isian konvensional karena adanya penambahan *sysdeck* sepanjang 1 meter. Penambahan *sysdeck* sepanjang 1 meter ini tidak serta merta mengurangi kolom isian bahan peledak sepanjang 1 meter namun hanya mengurangi panjang kolom isian 0,5 meter dari panjang *sysdeck* 1 meter. Penambahan *sysdeck* ini bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan peledak dalam hal ini adalah *emulsion*.

➤ Kedalaman lubang

Kedalaman lubang pada geometri peledakan *airdeck* berkisar antara 5 meter – 9 meter. Kedalaman lubang yang ditetapkan pada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama (BUMA) untuk pemasangan *sysdeck* ini adalah diatas 5 meter, karena kedalaman ini dianggap ideal untuk peng-aplikasian metode *bottom air deck*.

Pada geometri peledakan *airdeck* ada penambahan *sysdeck*. Tujuan ditambahkannya *sysdeck* ini adalah sebagai ruang kosong untuk mengurangi panjang kolom isian. Tetapi pemasangan *sysdeck* ini harus juga memperhatikan kondisi lubang. Kondisi dinding lubang yang rata dan tidak berair adalah syarat utama untuk mempertimbangkan pemasangan *sysdeck*. Kelebihan pada geometri peledakan *airdeck* ini adalah penggunaan bahan peledak yang lebih sedikit karena panjang kolom isian yang lebih pendek daripada panjang kolom isian pada geometri peledakan *airdeck*. Tetapi kelemahan peledakan dengan metode *airdeck* ini adalah dibutuhkan waktu tambahan untuk merangkai *sysdeck* pada setiap lubang ledak sehingga waktu *charging* akan lebih lama dibanding dengan peledakan *konvensional*.

e. Pola Peledakan Air Decking

Pola peledakan yang digunakan pada peledakan *airdeck* di lapangan adalah pola *box-cut*. Pola ini merupakan pola peledakan yang arah runtuhannya ke depan dan membentuk kotak. Arah runtuhannya pada pola *box-cut* ini juga diharapkan dapat mengurangi adanya *fly rock*.

4.2.2. Hasil Penerapan *Airdeck*

Berikut ini adalah pembahasan dari hasil penerapan *airdeck* dengan metode *bottom deck*:

A. Hasil Perhitungan *Powder Factor*

Powder factor merupakan suatu bilangan yang menyatakan perbandingan antara penggunaan bahan peledak terhadap jumlah material yang diledakkan. Pemanfaatan *powder factor* cenderung mengarah pada nilai kelayakan suatu proses peledakan karena berkaitan dengan harga bahan peledak yang digunakan dan perolehan persentase fragmentasi peledakan yang diharapkan. *Powder factor* maksimal yang dirancang untuk peledakan dengan metode *konvensional* dan *airdeck* adalah tidak lebih $0,25 \text{ kg/m}^3$.

Nilai *powder factor* aktual peledakan *airdeck* yang didapat selama melakukan penelitian berkisar pada nilai $0,19 - 0,21 \text{ kg/m}^3$ dengan rata-rata nilai *powder factor* dalam 14 kali peledakan adalah $0,19 \text{ kg/m}^3$ untuk *powder factor* yang digunakan dari peledakan *airdeck* sedikit lebih berbeda dari *powder factor* yang digunakan dari peledakan *konvensional*. Hal ini disebabkan oleh adanya pengurangan jumlah bahan peledak yang dipakai sekitar 50% dari panjang *sysdeck* atau sekitar 18 kg - 20 kg.

B. Hasil Perhitungan Fragmentasi

Nilai fragmentasi yang dihasilkan dari suatu peledakan merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk menentukan apakah kegiatan peledakan tersebut berhasil atau sesuai dengan apa yang telah di rencanakan sebelumnya. Karena apabila *powder factor* yang diperoleh telah sesuai

dengan *planning* sebelumnya namun hasil fragmentasi yang dihasilkan tidak sesuai dengan apa yang diinginkan maka peledakan tersebut belum bisa dikatakan berhasil atau ukuran fragmentasi yang dihasilkan melebihi ukuran yang di targetkan yaitu $\frac{1}{3}$ ukuran *bucket* alat muat. Pada PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Binsua, alat muat yang digunakan adalah Komatsu PC-2000 yang mana ukuran *maximal* fragmentasi batuan hasil peledakan adalah 100 cm apabila melebihi dari 100 cm bisa dikatakan *boulder* hal ini berhubungan dengan lebar *bucket* Komatsu PC-2000 yaitu 3130 mm.

Pada tabel 4.5 terdapat hasil persentase lolos fragmentasi menurut metode *Kuz Ram* pada peledakan *airdeck* sesuai dengan geometri aktual dan *powder factor* aktual dilapangan. Perhitungan fragmentasi batuan dengan teori *Kuz Ram* dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu nilai dari faktor batuan yang dapat dilihat pada tabel 4.1 yang terdapat pada pit C West.

Hasil analisis prediksi fragmentasi yang didapat dari perhitungan *Kuz Ram* menggunakan geometri aktual pada peledakan *airdeck* setelah 14 kali peledakan untuk ukuran 100 cm adalah 64,80%, 65,81%, 69,21%, 63,15%, 68,39%, 66,85%, 67,52% ,66,18% ,68,38%, 69,73% ,67,23%, 67,65%, 69,30%, dan 65,10% lolos ayakan. Dari hasil analisis prediksi fragmentasi menggunakan perhitungan *Kuz Ram* yang ada pada Pit C West dikatakan belum baik karena ukuran *boulder* >20%. Hasil dari perhitungan *Kuz Ram* tersebut tidak mencapai target nilai fragmentasi lolos ayakan yang

diinginkan yaitu 80% lolos ayakan, melihat permasalahan tersebut perlu adanya perbaikan pada geometri peledakan yang digunakan agar bisa tercapai ukuran butir yang lolos ayakan sesuai dengan yang diinginkan oleh perusahaan, oleh karena itu pada penelitian ini penulis mencoba menghitung geometri yang sesuai dengan hasil yang akan diinginkan oleh perusahaan. Pada hasil perhitungan geometri peledakan pertama didapat ukuran *burden* 7,7 meter, *spasi* 8,8 meter, *stemming* 3,35 meter, *powder column* 2,65, isian bahan peledak 99,55 kg dan *powder factor* 0,21 kg/. Hasil perhitungan geometri tersebut menghasilkan nilai *kuz Ram* 67,25% dengan jumlah lubang ledak 379 dan 37.729 kg bahan peledakan yang digunakan untuk membongkar 180.000 m³ volume batuan. Sedangkan pada perhitungan geometri peledakan kedua didapat nilai *burden* 7,7 meter, *spasi* 8,8 meter, *stemming* 2,95 meter, *powder column* 3,05, isian bahan peledak 114 kg dan *powder factor* 0,24 kg. Hasil perhitungan geometri tersebut menghasilkan nilai *Kuz Ram* 80,02% dengan jumlah lubang ledak 379 dan 43.206 kg bahan peledakan yang digunakan untuk membongkar 180.000 m³ volume batuan.

Pada perhitungan pertama didapat nilai *powder factor* yang sama dengan *powder factor* actual lapangan yang digunakan untuk membongkar volume batuan yang sama, jumlah bahan peledak yang digunakan juga hampir sama dengan bahan peledak *actual* lapangan, begitu juga dengan nilai *Kuz Ram* yang dihasilkan. Maka dari itu pada perhitungan geometri kedua perlu adanya perbaikan dari perhitungan geometri pertama agar dapat

mencapai nilai lolos ayakan yang ditargetkan oleh perusahaan yaitu 80%, dari perbaikan geometri tersebut didapat nilai lolos ayakan 80,02% dengan nilai *powder factor* 0,24 kg/m dan volume peledakan 180.000 m³, bahan peledak yang digunakan tidak melebihi batas maksimal bahan peledak yang diijinkan oleh perusahaan yaitu 51.000 kg berdasarkan jumlah unit *truck* pembawa bahan peledak yang dimiliki, selain itu perhitungan ini didasarkan pada nilai *VED (Vertical Energy Distribution)* 45% dan *Scale Depth Of Burial* 0,92. Hasil dari desain rancangan geometri peledakan RL Ash tersebut berfokus kepada jumlah volume peledakan yang diinginkan dan tercapainya nilai fragmentasi lolos ayakan yang sesuai dengan target perusahaan. Sedangkan untuk pembentukan *slope*, rancangan geometri peledakan ini masih perlu perhitungan mengenai geometri dan penggunaan bahan peledak pada bagian *slope* agar dampak dari peledakan tersebut tidak sampai merusak bagian yang akan di bentuk *slope*.

C. **Getaran Hasil Peledakan *Air decking* berdasarkan Teori *Scaled Distance***

Perhitungan getaran tanah pada bangunan dihitung dengan menggunakan rumus persamaan *Peak Velocity Sum (PVS)* teori *Scaled Distance* berdasarkan data actual hasil pengukuran getaran tanah selama bulan Maret 2019. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan hubungan sebab akibat antara satu *variabel* dengan *variabel* lain adalah dengan menggunakan analisis regresi. Analisis ini telah digunakan secara luas dalam analisis *Peak Vector Sum (PVS)* karena analisis dengan metode

regresi dapat digunakan untuk memprediksi nilai *Peak Vector Sum (PVS)* pada *Scaled Distance* tertentu, yaitu untuk mendapatkan konstanta pada persamaan *PVS* dimana nilai *PVS* merupakan *variabel* terikat dan *Scaled Distance* merupakan *variabel* bebas. Analisis regresi yang digunakan untuk mencari hubungan antara *PVS* dan *Scaled Distance* adalah dengan menggunakan regresi.

Pada penelitian hasil getaran di Pit C West diperoleh sebanyak 9 data getaran hasil peledakan. Pengukuran tingkat getaran dilakukan dengan menggunakan alat bernama *Micromate II* dan selanjutnya hasil getaran tanah yang telah direkam dapat dilihat lebih lengkap dengan menggunakan program *Blastware*. Hasil pengukuran getaran meliputi pengukuran *Peak Particle Velocity (PPV)* pada tiga gelombang, yaitu gelombang *transversal*, gelombang *vertical* dan gelombang *longitudinal* yang dibaca oleh program *Blastmate III*. Ketiga gelombang yang terbaca akan disatukan menjadi *Peak Vector Sum (PVS)* yang merupakan hasil penjumlahan *vector* dari ketiga gelombang tersebut. Nilai *PVS* merupakan nilai *PPV* aktual yang akan digunakan untuk membandingkan hasil getaran tanah yang dihasilkan pada setiap peledakan karena *PVS* tersebut mewakili *PPV* maksimum dari setiap gelombang.

Pada kegiatan pengukuran tingkat getaran dilapangan dioperasikan jarak yang bervariasi yaitu 1611 – 2166 meter. Hasil perhitungan jarak yang didapat akan digunakan untuk menghitung besaran nilai *Scale Distance* untuk setiap getaran yang diperoleh.

Hasil penelitian tingkat getaran hasil peledakan di Pit C West diperoleh tingkat getaran terendah yaitu 0,367 mm/s dengan jarak 2038 meter pada tanggal 10 maret 2019 sedangkan tingkat getaran tertinggi yang diperoleh yaitu 0,651 mm/s dengan jarak 1993 meter pada tanggal 16 maret 2019.

Pada hasil perhitungan dengan regresi yang digunakan untuk menentukan hubungan sebab akibat antara satu *variabel* dengan *variabel* lain, didapatkan persamaan rumus hubungan PVS dan SD, yaitu $PVS = 30,4859 SD^{-0,7919}$, Konstanta K = 30,4859 merupakan nilai dari faktor tempat menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian, *energy* yang ditransferkan dari bahan peledak ke batuan sekitarnya berada pada kondisi rata-rata untuk tambang batubara terbuka. Sedangkan nilai konstanta e = 0,7919, dari hasil nilai konstanta yang telah dihitung berdasarkan data getaran yang didapat dilapangan, maka bisa dicari nilai PVS dari rancangan geometri nya. Hasil perhitungan nilai PVS rancangan dengan jarak 300 meter – 1500 meter dengan nilai SD 28,09 m/kg^{0,5} – 140,48 m/kg^{0,5} menghasilkan nilai PVS 2,172 mm/s – 0,607 mm/s, nilai PVS ini masih dikatakan aman berdasarkan maksimal nilai PVS perusahaan yaitu 2 mm/s yang mengacu pada Kepmen ESDM nomor 1827 K/30/MEM/2018 tanggal 7 Mei 2018 tentang Pedoman Pengelolaan Teknis Pertambangan yang berdasarkan SNI 7571 : 2010, dengan catatan jarak aman manusia adalah 500 meter.

Tujuan dari rancangan geometri peledakan ini adalah untuk menganalisis kinerja *airdeck* yang digunakan oleh perusahaan, berdasarkan hasil perhitungan fragmentasi *actual* lapangan menggunakan teori *Kuz Ram* didapat hasil ukuran fragmentasi kurang dari target perusahaan, sehingga perlu adanya perbaikan geometri peledakan berdasarkan rumus RL Ash. Hasil dari perhitungan RL Ash didapat nilai *burden* spasi yang sesuai dengan keadaan batuan dan *VOD* bahan peledakan yang digunakan, perhitungan nilai *stemming* dan isian bahan peledakan berpatokan pada nilai *VED* dan *Scale Depth Of Burial*, dari hasil perhitungan geometri peledakan menurut RL Ash didapat nilai fragmentasi yang sesuai dengan target perusahaan yaitu 80,02 %. Untuk mencapai nilai fragmentasi sesuai target perusahaan dibutuhkan adanya penambahan bahan peledak per lubang dan pengurangan nilai *stemming*. *Powder factor* yang dihasilkan dari rancangan geometri tersebut lebih besar dibandingkan dengan *powder factor actual* dilapangan, jumlah bahan peledak yang digunakan untuk membongkar 180.000 m³ batuan yaitu 43.206 kg dari 51.000 kg bahan peledak maksimal yang diizinkan oleh DNX untuk satu hari. Adanya penambahan bahan peledak yang digunakan untuk mencapai target fragmentasi batuan berdampak pada penambahan tingkat getaran tanah yang dihasilkan pada kegiatan peledakan, pada perhitungan nilai *PVS* rancangan yang sesuai dengan nilai konstanta yang didapat dari perhitungan *PVS actual* tidak melebihi batas maksimal yang disarankan perusahaan sehingga nilai *Peak Vector Sum (PVS)* rancangan masih dikategorikan aman.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, analisis data dan pembahasan terhadap penggunaan *airdecking* pada peledakan *overburden* di PT. Bukit Makmur Mandiri Utama *jobsite* Binsua Desa Pegat Bukur Kecamatan Sambaliung Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Airdeck* berasal dari gabungan *cup merk sysdeck* berdiameter 204 mm dengan pipa *PVC 1 inch* sepanjang 1 meter yang diletakan didasar lubang ledak yang mana panjang dari *airdeck* tersebut mengurangi 0,5 meter panjang *stemming* dan *powder column*, pola pengeboran *airdeck* yang digunakan yaitu *staggered pattern* dengan pola peledakan *box – cut*. Hasil analisis penerapan bottom *airdeck* dilapangan didapatkan nilai geometri peledakan dengan *burden* 7,9 meter – 8,5 meter, *spacing* 8,8 meter – 9,2 meter, *stemming* 2,36 meter – 4,10 meter, *powder column* 1,64 meter – 3,90 meter, dan kedalaman lubang 5 meter – 9 meter.
2. Dari hasil pengamatan geometri peledakan dilapangan di dapat besaran *powder factor* 0,19 kg/m – 0,21 kg/m dengan fragmentasi lolos ayakan 63,15% - 69,73 %. Dari perhitungan dengan rumus RL Ash didapat nilai *burden* 7,7 meter, *spacing* 8,8 meter *stemming* 3,35, *powder column* 2,65 meter dan *powder factor* 0,21 kg/m dengan nilai fragmentasi lolos ayakan 67,25%. Namun hasil fragmentasi dari perhitungan geometri tersebut belum

mencapai target perusahaan sehingga perlu adanya perbaikan pada nilai *stemming* dengan *powder column* yang berkaitan dengan penggunaan *airdeck* yaitu dengan mengurangi 0,90 meter panjang *stemming* dan 0,10 meter *powder column* sehingga didapat nilai fragmentasi lolos ayakan sebesar 80,02%.

Pengukuran tingkat getaran tanah hasil peledakan menggunakan alat *Micromate II*, hasil pengukuran didapat nilai getaran yaitu 0,367 mm/s – 0,651 mm/s dengan nilai $PVS = 30,4859 SD^{-0,7919}$, dengan PVS rancangan 2,172 mm/s – 0,607 mm/s hasil getaran yang didapat dilapangan dan rancangan jauh dari nilai *maximal* tingkat getaran yang digunakan diperusahaan yaitu 2 mm/s, dengan catatan jarak aman manusia 500 meter dari lokasi peledakan.

5.2. Saran

Untuk mencapai nilai tingkat fragmentasi yang sesuai dengan apa yang ditargetkan oleh perusahaan maka penulis menyarankan untuk memaksimalkan *energy distribution* yang terdiri dari *energy* distribusi yang berkaitan dengan burden dan spasi yang sesuai dengan kondisi batuan diledakan, *energy level* yaitu kekuatan bahan peledakan yang digunakan (*velocity of detonation*), dan *energy confinement* (pengungkungan) yaitu memaksimalkan nilai *stemming* berdasarkan dengan nilai *vertical energy distribution* dan *scale depth of burial*, dengan memperhitungkan tingkat getaran yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R.L. (1963). *The Mechanics Of Rock Breakage (part 2) - standart for blasting design. Pit & Quarry Magazine*, 50(3) : 118-122
- Ashby John P. (1981). *Production Blasting And The Development Of Open Pit Slope, Proceeding Of The 3rd. Int Conf. On Stability In Open Conference On Stability In Open Mining*. Vancouver, B.C.
- Badan Standar Nasional Indonesia. 2010. SNI 7571:2010. “*Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang*”. Jakarta.
- Cunningham, C.V.B. 1983. *The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting*. In R. Holmberg & A Rustan (eds), *Proceeding of First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. Lulea, 439-454.
- Forum Blaster Indonesia, 2017. “*Optimum Energy Distrubution*”. <https://blasterindoforum.wordpress.com/2017/12/08/optimalisasi-performance-bahan-peledak>.
- Gokhale, Bhalchandra V. 2010. *Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines*. New York: CRC Press.
- Hidayat R, Asof M, Mukiat. 2019. “*Kajian Aplikasi Penerapan Bottom Air Deck Pada Peledakan Overburden Di PT Bukit Asam Tbk*”. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Publisher Jurnal Pertambangan Vol.3.
- Jhanwar J.C , 2013. “*Investigation Into Influence of Air-Decking On Blast Performance In Opencast Mines In India*”. Taylor & Francis Group. London.
- Jhanwar J.C., & Jethwa JL, 2000. “*The Use of Air Decks In Production Blasting In an Open Pit Coal Mine*”. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K / 30 / MEM / 2018.
- Koesnaryo. S., 1988, *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*, Fakultas Tambang UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Koesnaryo S. 2011. “*Teknik Peledakan Batuan Buku I dan II*”. Program Studi Teknik Pertambangan. Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.

- Konya C. J & Walter E, 1990. "*Surface Blast Design*". Publish by Enviromental Science.
- Kuznetsov, 1973. "*The mean diameter of the fragments*" formed by blasting rock New York.
- Leelasukseree C & Rommayawes S. 2009 *Rock fragmentation by air-deck blasting by Thai quarries*. Rock Mechanics. Fuenkajorn & Phien-wej (eds).
- Mohamed Fredj, Hafsoui A, Menacer K. 2015. "*Study of the powder factor in surface bench blasting*". publish by Elsevier B.V.
- Orica Mining Services 2010. "*Macraes Phase III Vibration And Air Blast Assessment*". Ocean Gold (New Zealand) Limited by Richard Taylor.
- Rezky I. P, 2019. "*Analisis Getaran Tanah Menggunakan Teori Scaled Distance Pada Kegiatan Peledakan Interburden B2C Di Pit 2 Bangko Barat PT. Bukit Asam Tbk Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatra Selatan*". Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
- Suwandi, Awang.2004. Modul 1 *Pengetahuan Dasar Bahan Peledak, Pendidikan Dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian*. Bandung : Deapartemen Energi Dan Sumberdaya Mineral R.I. Badan Pendidikan Dan Peleatihan Energi Dan Sumberdaya Mineral Pusdiklat Teknologi Mineral Dan Batubara.
- Tutuko M. I. 2006. "*Analisis Penerapan Bottom Air Deck Terhadap Hasil Fragmen Batuan Hasil Peledakan, Digging Time Alat Muat, Dan Elevasi Lantai Jenjang*". Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "VETERAN" Yogyakarta.
- Hutajulu Y.Y, Taruna Y, Lakoy F.F, Indrajaya F, Wijaya DAK. 2020. "*Tingkat Keberhasilan Pengeboran Dan Peledakan Pada Pembongkaran Tanah Penutup*" Jurusan Teknik Petambangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Publish Jurnal Pertambangan.
- Zulhijasma M. 2018. "*Studi Pengaruh Penerapan Bottom Deck Terhadap Powder Factor*". Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Medan.