

**ANALISIS METODE *BOTTOM AIR DECK* TERHADAP
KEGIATAN PELEDAKAN PADA LAPISAN *INTERBURDEN*
DI PIT 2 BANKO BARAT
PT. BUKIT ASAM, Tbk TANJUNG ENIM
KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI



OLEH :

INDRA SIMANJUNTAK

DBD 114 152

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

**ANALISIS METODE *BOTTOM AIR DECK* TERHADAP
KEGIATAN PELEDAKAN PADA LAPISAN *INTERBURDEN*
DI PIT 2 BANKO BARAT
PT. BUKIT ASAM, Tbk TANJUNG ENIM
KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata I
Pada Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan



OLEH :

INDRA SIMANJUNTAK

DBD 114 152

**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 : INDRA SIMANJUNTAK

NIM : DBD 114 152

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 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, 26 April 2021



INDRA SIMANJUNTAK

DBD 114 152

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI




**ANALISIS METODE *BOTTOM AIR DECK* TERHADAP KEGIATAN
PELEDAKAN PADA LAPISAN *INTERBURDEN*
DI PIT 2 BANKO BARAT PT. BUKIT ASAM, Tbk
TANJUNG ENIM, KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

Oleh

INDRA SIMANJUNTAK
DBD 114 152

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada
Hari/ Tanggal : Senin, 26 April 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Tim Dosen Penguji.

- | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. <u>HEPRYANDI LUWYK DJANAS USUP, S.T., M.T.</u>
NIP. 19810211 200604 1 001 | Ketua |  |
| 2. <u>YOSSA YONATHAN HUTAJULU, S.T., M.T.</u>
NIP. 19841022 201504 1 001 | Sekretaris |  |
| 3. <u>FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T.</u>
NIP. 19791215 200812 1 001 | Anggota |  |
| 4. <u>DODY ARIYANTHO KUSMA WIJAYA, S.Hut., M.Si.</u>
NIP. 19831207 201212 1 001 | Anggota |  |
| 5. <u>NENY FIDAYANTI, S.T., M.Si.</u>
NIP. 19830129 201212 2 005 | 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 dan Saudara saya Ario Sanjaya Simanjuntak yang selalu memberikan dukungan sepenuh hati, kasih sayang, semangat dan doa tiada henti dalam pengerjaan laporan Skripsi ini.

PT. Bukit Asam, Tbk, sebagai tempat berbagi ilmu dan pengetahuan (Bapak Supandi selaku Asisten Manager, Bapak Army selaku *Engineer Drill and Blast*).

Dosen dan Staff Dosen Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya,
Terima kasih selalu membantu penulisan dan pengurusan laporan Skripsi ini.

Teman-teman Jurusan Teknik Pertambangan Angkatan 2014 dan kepada Aldy Putra Butar-butar, Andy Irwansyah, Charles Martua Samosir, Fahrul Rizal, Taufik Hidayat, Rogate Sijabat.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul ‘Analisis Metode *Bottom Air Deck* Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Lapisan *Interburden* di PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan’, dengan waktu penelitian dimulai dari tanggal 11 Februari – 11 April 2019.

Pada kesempatan ini perkenankanlah Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Bapak Ir.Waluyo Nuswantoro, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya, Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji I Skripsi ini.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya dan Dosen Pembimbing II Skripsi ini.
4. Bapak Hepryandi Luwyk Djanas Usup, S.T ., M.T selaku Dosen Pembimbing I Skripsi ini.
5. Bapak Dody Ariyantho Kusma Wijaya S.Hut., M.Si selaku Dosen Penguji II Skripsi ini.
6. Ibu Neny Fidayanti S.T., M.Si selaku Dosen Penguji III Skripsi ini.

7. Bapak Supandy selaku Asisten Manager *Drilling and Blasting* di PT.Bukit Asam, Tbk.

8. Bapak Gunawan selaku Pembimbing Lapangan Penelitian Skripsi.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa dalam Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu dengan segala kerendahan hati Penulis sangat mengharapkan saran dan masukan, kiranya Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palangka Raya, 26 April 2021

Penulis,



INDRA SIMANJUNTAK

DBD 114 152

SARI

PT. Bukit Asam, Tbk terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peledakan dengan metode *bottom air deck*. *Air Decking* merupakan teknik peledakan yang memberikan ruang kosong udara didalam lubang ledak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan metode studi literatur dan observasi, data- data yang diperoleh diolah dan disajikan dalam bentuk perhitungan, tabel dan grafik. Bahan peledak yang digunakan selama penelitian adalah (*Ammonium Nitrat Fuel Oil*) ANFO. Data-data yang didapatkan berupa hasil geometri aktual yang digunakan dilapangan yaitu *burden* 6,79 m, *spasi* 7,43 m, kedalaman 6,69 m, panjang isian bahan peledak 1,92 m, *stemming* 3,77 m dan panjang air yang digunakan 1 m dengan rata-rata nilai *powder factornya* 0,15 kg/m³ dengan pola peledakan yang digunakan selama peledakan adalah *box-cut*. Berdasarkan hasil tersebut target yang diinginkan perusahaan masih belum tercapai. Sehingga perlu dibuat simulasi rancangan untuk geometri berdasarkan teori C. J Konya. Dari hasil simulasi rancangan geometri tersebut didapatkan nilai *burden* 4,4 m, *spasi* 4,7 m, kedalaman 7 m, panjang isian bahan peledak 2 m, *stemming* 4 m, *air deck* 1 m, maka didapatkan hasil fragmentasi untuk ukuran 200 cm telah mencapai 80,25 % yang artinya sudah mencapai target yang ditetapkan perusahaan.

Kata kunci : *Air decking*, ANFO, Peledakan, Lapisan *Interburden*.

ABSTRACT

PT. Bukit Asam, Tbk located in Lawang Kidul District. Muara Enim Regency, South Sumatera Province. The purpose of this research is to analyze blasting using bottom air deck method. Air decking is the blasting method that give an empty space in the blast hole. The method that used in this research based on study literature and observation method, the data that obtained is processed and presented in the form of calculation, table and graphic. The explosives that use is ANFO. From data that I got a result that obtained burden is 6,79 meter, space is 7,43 meter, depth hole 6,69 meter, powder column is 1,92 meter, stemming 3,77 meter and air deck length is 1 meter and the average of the powder factor is 0,15 kg/m³ with the blasting pattern used during blasting is box-cut. Based on that result the target that companys wanted is not achieved. So that the researcher make a design simulation for the geometri based on C. J Konya Theory. From that simulation burden is 4,4 m, space 4,7 m, depth hole 7 m, powder column 2 m, stemming 4 m, air deck 1 m, so the result for the distribution of fragmentation with 200 cm size is 80,25 % which means already reached the companys target.

Keywords : Air decking, ANFO, Blasting, Interburden Layer.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
SARI	vii
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
1.6. Batasan Masalah	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Karakteristik Massa Batuan.....	6
2.3. Geometri Peledakan.....	8
2.4. Pola Peledakan.....	16
2.5. <i>Air Decking</i>	17
2.6. Getaran Tanah.....	22
2.7. Fragmentasi Batuan	27
2.7.1. Model Kuz-Ram	28
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Gambaran Umum Wilayah Penelitian	32
3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	32
3.1.2 Struktur Organisasi Perusahaan	33
3.1.3 Keadaan Iklim dan Curah Hujan	34
3.2. Kondisi Geologi	34
3.2.1. Kondisi Geologi Regional	34
3.2.2. Kondisi Geologi Daerah Penelitian	37
3.3. Alat dan Bahan	40

		Halaman
	3.4. Tata Laksana	40
	3.4.1. Langkah Kerja	40
	3.4.2. Metode Penelitian	41
	3.5. Bagan Alir Penelitian	43
	3.6. Waktu Penelitian	43
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	
	4.1 Hasil	46
	4.1.1 Geometri dan Pola Peledakan	46
	4.1.2 Analisis Penerapan Metode <i>Bottom Air Deck</i> Terhadap Kegiatan Peledakan	52
	4.2 Pembahasan	68
	4.2.1 Geometri dan Pola Peledakan.....	68
	4.2.2 Analisis Penerapan Metode <i>Bottom Air Deck</i>	72
BAB V	PENUTUP	
	5.1 Kesimpulan	79
	5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Hubungan antara Kekerasan Batuan dan Kuat Tekan Batuan.....	6
2.2	Faktor Koreksi Terhadap Jumlah Baris Dalam Lubang Ledak	11
2.3	Faktor Koreksi Terhadap Posisi Lapisan Batuan.....	11
2.4	Faktor Koreksi Terhadap Struktur Geologi	11
2.5	Persamaan untuk Menentukan Jarak Spasi	12
2.6	Klasifikasi kuat tekan uniaxial terhadap <i>Powder Factor</i>	15
2.7	Penentuan Nilai Koefisien k	25
2.8	Penentuan Nilai Koefisien x	25
2.9	<i>Value Of Exponent e For Different Rock Masses</i>	26
2.10	Kelas dan Jenis Bangunan serta <i>Peak Vector Sum</i>	26
2.11	Bobot nilai tiap parameter penentuan faktor batuan	30
3.1	Curah Hujan Lokasi Penelitian Tahun 2019.....	34
3.2	Tabel Waktu Penelitian.....	45
4.1	Hubungan Kekerasan Batuan dan RQD	48
4.2	Pembobotan Massa Batuan Pit 2 Banko Barat	48
4.3	Geometri Peledakan <i>Air Deck</i>	51
4.4	Hasil Pengukuran Getaran Tanah	54
4.5	Perhitungan Rumus Hubungan PVS dan SD	55
4.6	Nilai <i>Powder Factor</i> Peledakan <i>Air Decking</i> Aktual	57
4.7	Distribusi Fragmentasi Peledakan <i>Air Decking</i> Menggunakan Teori Kuzram	59
4.8	Simulasi Rancangan Geometri Peledakan <i>Air Decking</i>	66
4.9	Persentasi Batuan Lolos Ayakan Berdasarkan Simulasi Rancangan 1.....	67
4.10	Nilai <i>Scalled Distance</i> dan PVS Berdasarkan Simulasi Rancangan 1.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Geometri Peledakan.....	9
2.2 Pengaruh <i>Burden</i> terhadap Peledakan	10
2.3 Pola Peledakan Menurut Arah Runtuhannya.....	16
2.4 Geometri <i>Air Decking</i>	17
2.5 Hubungan <i>Air Deck Factor</i> dan RMR.....	19
2.6 Pengelompokan Posisi <i>Air Deck</i>	20
2.7 Contoh Fragmentasi Hasil Peledakan.....	27
3.1 Peta Lokasi PT. Bukit Asam Tbk	32
3.2 Struktur Organisasi Satuan Kerja Penunjang Tambang	33
3.3 Penampang Litologi Pit 2 Banko Barat	38
3.4 Bagan Alir Penelitian	44
4.1 Litologi Pit 2 Banko Barat	46
4.2 Posisi <i>Air Decking</i>	47
4.3 Bahan Peledak ANFO	47
4.4 <i>Stemdeck</i>	50
4.5 Pola Peledakan <i>Box Cut</i>	52
4.6 <i>Blastmate</i> III	53
4.7 Hasil Pengukuran Getaran 8 Maret.....	53
4.8 Arah Peledakan 9 Maret 2019	56
4.9 Fragmentasi Batuan	58
4.10 Grafik Distribusi Fragmentasi Peledakan <i>Air Decking</i> Berdasarkan Teori Kuzram.....	59

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Peta
- Lampiran B Struktur Organisasi Perusahaan
- Lampiran C Geometri Aktual Peledakan *Air Decking*
- Lampiran D Perhitungan *Powder Factor Bottom Air Deck*
- Lampiran E Perhitungan Distribusi Fragmentasi Peledakan *Air Decking* Dengan Teori Kuzram
- Lampiran F Data Curah Hujan

DAFTAR ISTILAH

<i>Air Decking</i>	: Ruang udara kosong pada lubang ledak
ANFO	: <i>Ammonium Nitrate Fuel Oil</i>
APD	: Alat Pelindung Diri
<i>Boulder</i>	: Bongkah
<i>Booster</i>	: Penguat reaksi ledakan
<i>Burden</i>	: Jarak tegak lurus antara lubang ledak dengan bidang bebas
<i>Cycle time</i>	: Waktu edar
<i>Digging time</i>	: Waktu gali alat muat
<i>Fly rock</i>	: Batu yang terlempar akibat dari peledakan
Fragmentasi	: Pecahan ukuran material batuan hasil peledakan
<i>Free face</i>	: Bidang bebas peledakan
<i>Ground Vibration</i>	: Getaran tanah
<i>Interburden</i>	: Lapisan batuan yang berada pada pada 2 lapisan batuabara
<i>Overburden</i>	: Lapisan tanah penutup
PF	: <i>Powder Factor</i>
PPV	: <i>Peak Particle Velocity</i>
RMR	: <i>Rock Mass Rating</i>
<i>Sandstone</i>	: Batupasir
<i>Scaled Distanced</i>	: Getaran tanah berdasarkan isian bahan peledak dan jarak suatu bangunan dari lokasi peledakan
<i>Spasi</i>	: Jarak antara lubang ledak dalam satu baris
<i>Staggered</i>	: Selang-seling
<i>Stemming</i>	: Material penutup kolom isian pada lubang ledak

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air decking merupakan teknik peledakan dengan memberikan ruang udara di dalam lubang ledak. Ruang udara kosong di dalam lubang ledak bisa diposisikan di bagian bawah, tengah maupun diatas pada lubang ledak. PT. Bukit Asam menggunakan metode *air decking* yang letaknya berada dibawah bahan peledak atau disebut juga *bottom air deck*. Peledakan yang dilakukan PT. Bukit Asam berada pada lapisan *interburden* yaitu lapisan tanah penutup yang terletak diantara dua lapisan batubara. Penggunaan metode *bottom air deck* ini dapat mengurangi penggunaan bahan peledak sehingga nilai *powder factor* nantinya akan menurun.

Peledakan yang tidak menggunakan *air deck* akan menghasilkan ukuran fragmentasi yang baik karena bahan peledak yang digunakan lebih banyak. Sedangkan geometri dan pola peledakan menggunakan metode *bottom air deck* akan berbeda dengan peledakan konvensional, karena panjang isian untuk bahan peledak dikurangi sesuai dengan panjang dari *air deck*. Perubahan geometri menggunakan *air deck* diharapkan dapat menghasilkan peledakan dan ukuran fragmentasi sesuai target agar pemuatan material hasil peledakan lebih efisien. Sehingga pada penelitian ini bermaksud untuk mengurangi penggunaan bahan peledak dengan metode *bottom air deck* untuk menghasilkan peledakan yang baik dan sesuai target seperti peledakan tanpa *air deck*.

Atas dasar inilah maka penulis melakukan penelitian skripsi dengan judul “Analisis metode *bottom air deck* terhadap kegiatan peledakan pada lapisan *interburden* di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.”

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana geometri dan pola peledakan *air decking* yang digunakan pada lapisan *interburden* di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk ?
2. Bagaimana pengaruh metode *bottom air deck* terhadap peledakan pada lapisan *interburden* di Pit 2 Banko Barat ?

1.3. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah mengurangi penggunaan bahan peledak dengan menggunakan metode *bottom air deck* untuk menghasilkan peledakan yang baik seperti peledakan konvensional pada lapisan *interburden*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui geometri peledakan dan pola peledakan yang menggunakan *bottom air deck* yang digunakan pada lapisan *interburden* di Pit 2 Banko Barat, PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan *bottom air deck* terhadap peledakan pada lapisan *interburden* di Pit 2 Banko Barat.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Bagi Mahasiswa

Mengetahui hasil peledakan menggunakan *air deck* sehingga dapat dibandingkan dengan peledakan tanpa *air deck* apakah efektif untuk digunakan, dilihat dari ukuran fragmentasi dan hasil produksinya, serta untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik.

2. Manfaat Bagi Perusahaan

Sebagai data masukan untuk perusahaan dalam memaksimalkan penggunaan *bottom air deck* untuk metode peledakan yang digunakan, sehingga bahan peledak yang digunakan lebih sedikit dan hasil peledakan tetap maksimal.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Pit 2 Banko Barat;
2. Peledakan dilakukan pada lapisan *interburden*;
3. Air yang digunakan diposisikan paling bawah dalam lubang ledak atau *bottom air deck*;
4. Alat yang digunakan untuk memantau getaran adalah *Blastmate III*.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Muchammad Iqbal Tutuko (2016). Pada penelitian terdahulu oleh 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.

Santi (2011) Pada penelitian ini mengatakan bahwa pada kegiatan peledakan terjadi permasalahan dimana diperoleh persentase bongkah nyata sebesar 23,49 %. Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu pengamatan lapangan dan penggunaan data perusahaan, pengamatan lapangan dilakukan untuk melihat langsung kondisi aktual daerah penelitian. Data utama yang digunakan adalah produktivitas alat bor, pengukuran geometri peledakan, *blasting report*, target produksi, spesifikasi peralatan, densitas batuan dan data curah hujan.

Metode yang digunakan adalah Metode *Trial and Error*. Hasil dari penelitian ini yaitu geometri peledakan *burden* 8 m, spasi 9 m, *PC* 6,5 m, *subdrilling* 1,5 m, *stemming* 5,5 m, tinggi jenjang 10 m, dan kedalaman lubang bor 12 m. Ukuran bongkah usulan sebesar 1,5 %, volume batuan terbongkar 43.600 bcm/ hari, dengan 57 lubang ledak, jumlah bahan peledak 15.198 kg dan nilai *PF* 0,34 kg/m³. Maka diperoleh volume peledakan sebesar 42.833 bcm/ hari. Perubahan geometri dan kedalaman lubang bor yang bertambah menjadi 12 m menyebabkan waktu edar alat bor bertambah menjadi 11 menit/lubang, sehingga dengan adanya peningkatan efisiensi kerja menjadi 68,7% dapat menghasilkan 68 lubang bor dari 65 lubang bor yang ditargetkan.

Muhammad Naufal Nur Islam, Yuliadi (2016) menurut Naufal, dalam kegiatan pengupasan tanah penutup dilakukan dengan cara peledakan. Saat ini sedang dilakukan pengujian *air decking* pada kedalaman tertentu terhadap geometri peledakan yang telah dianggap efisien sebelumnya. *Air decking* merupakan istilah yang digunakan untuk ruang kosong yang terdapat pada lubang ledak yang telah diisi bahan peledak. Ruang kosong berisi udara ini sengaja diciptakan untuk berbagai macam tujuan. Rata-rata waktu penggalian (*digging time*), fragmentasi hasil peledakan dan nilai *powder factor* merupakan indikator keberhasilan dari performa peledakan. Pada peledakan konvensional rata-rata waktu penggaliannya adalah 11.23 detik, dan fragmentasi rata-rata hasil peledakan adalah 71.86 cm dengan nilai *powder factor* 0.16 kg/m³. Sedangkan pada peledakan *trial* dengan penambahan *air decking* sedalam 1 meter, rata-rata waktu penggaliannya adalah 11.20, dan fragmentasi rata-rata hasil peledakan adalah

86.40 cm dengan nilai *powder factor* 0.12 kg/m³. Penambahan ruang kosong (*air decking*) pada lubang ledak telah dapat mengurangi konsumsi penggunaan bahan peledak sebesar 20 - 25% per lubang.

2.2 Karakteristik Massa Batuan

Karakteristik massa batuan yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan fragmentasi batuan yaitu kekerasan batuan, kekuatan batuan, elastisitas batuan, abrasivitas batuan, dan kecepatan perambatan gelombang pada batuan, serta kuat tekan dan kuat tarik batuan yang akan diledakkan.

1. Kekerasan Batuan

Kekerasan (*hardness*) dianggap sebagai ketahanan dari sebuah permukaan lapisan yang akan digores oleh bagian lain yang lebih keras. Kekerasan dipakai untuk mengukur sifat-sifat teknis dari material batuan dan dapat juga dipakai untuk menyatakan kerusakan pada batuan. Prinsip utama pada kekerasan batuan adalah ketahanan yang harus diatasi selama pengeboran. Berdasarkan tingkat kekerasannya, batuan dapat diklasifikasikan yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan Antara Kekerasan dan Kuat Tekan Batuan

Klasifikasi	Kekerasan Skala <i>Mohs</i>	<i>UCS</i> (Mpa)
Sangat Keras	+ 7	+ 200
Keras	6 – 7	120 – 200
Keras Menengah	4,5 – 6	60 – 120
Cukup Lunak	3 – 4,5	30 – 60
Lunak	2 – 3	10 – 30
Sangat Lunak	1 – 2	0 – 10

Sumber : Jimeno, 1995

2. Kekuatan Batuan

Kekuatan batuan adalah suatu sifat kekuatan untuk melawan kerusakan terhadap gaya luar, baik itu kekuatan statik maupun dinamik. Kekuatan dinyatakan dengan nilai kuat tekan (*compressive strength*). Nilai kuat tekan (*compressive strength*) batuan menjadi kriteria penting dalam memilih jenis dan jumlah bahan peledak yang digunakan, peledakan batuan dengan level energi yang rendah pada batuan yang memiliki nilai kuat tekan yang tinggi akan menghasilkan fragmentasi yang buruk, nilai kuat tekan uniaksial dapat mencerminkan seberapa mudah terciptanya suatu rekahan di dalam batuan. Semakin tinggi nilai dari kuat tekan dan kuat tarik dari batuan, maka batuan tersebut akan semakin susah untuk dihancurkan, dikutip pada buku *Engineering Rock Blasting Operations*, Bhandari 1997.

3. Elastisitas Batuan

Elastisitas batuan adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk atau keadaan semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut dihilangkan. Elastisitas batuan biasanya dideskripsikan dalam *Modulus Young*, *Modulus Young* didefinisikan sebagai perbandingan dari beda tegangan dan regangan aksial pada kurva tegangan - regangan secara umum batuan memiliki sifat Elastis *Fragile* yaitu batuan dapat dihancurkan apabila mengalami regangan yang melewati batas elastisitasnya. Sulit bagi gas hasil peledakan menekan dan meregangkan batuan apabila *Modulus Young* dari batuan tersebut tinggi, sehingga tekanan gas minimal harus 5%

lebih kecil dari *Modulus Young* untuk peledakan yang efisien, dikutip pada buku *Engineering Rock Blasting Operations*, Bhandari 1997.

4. Abrasivitas Batuan

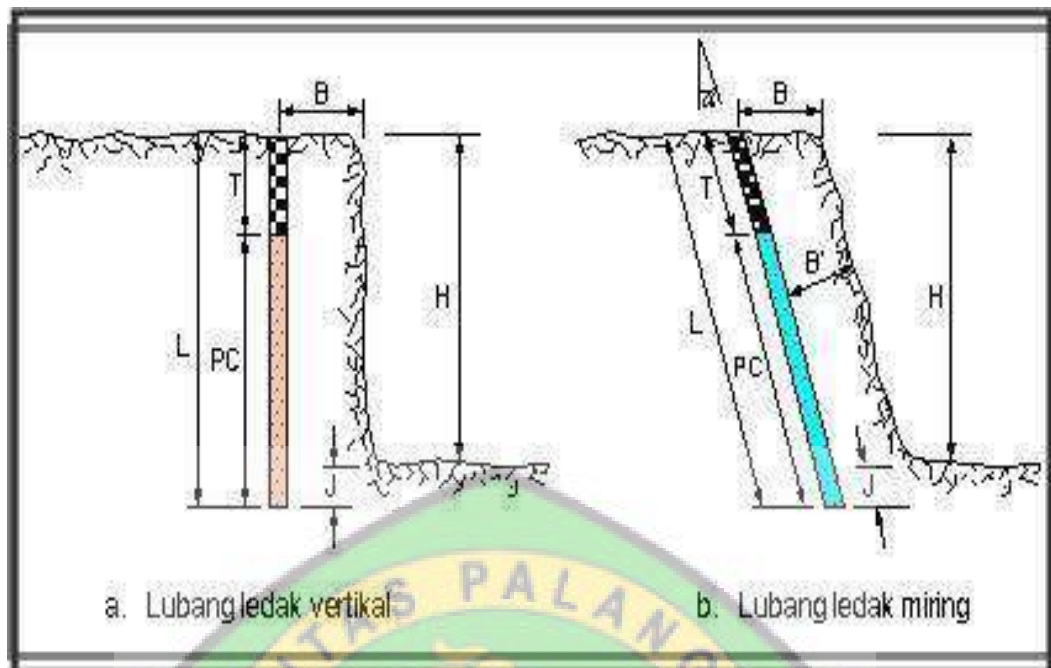
Abrasivitas batuan merupakan suatu parameter batuan yang mempengaruhi keausan (umur) dari mata bor dan batang bor yang digunakan untuk melakukan pengeboran pada suatu batuan. Abrasivitas batuan tergantung kepada mineral penyusun batuannya, kandungan kuarsa dari suatu batuan dianggap dapat menjadi petunjuk untuk mengetahui tingkat abrasivitas dari suatu batuan.

5. Kecepatan Perambatan Gelombang

Dikutip pada buku *Engineering Rock Blasting Operations*, Bhandari 1997, distribusi dari tegangan yang dibebankan pada batuan akibat dari detonasi bahan peledak dikarenakan oleh kecepatan perambatan gelombang tegangan di dalam batuan. Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda – beda di dalam kondisi normal, batuan yang bersifat keras mempunyai kecepatan rambat gelombang yang tinggi dan sebaliknya kecepatan perambatan gelombang akan menurun seiring dengan penurunan kekuatan batuan. Semakin tinggi kecepatan perambatan gelombang di dalam batuan maka untuk mendapatkan ukuran

2.3 Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan suatu hal yang sangat menentukan hasil peledakan dari segi fragmentasi yang dihasilkan, rekahan yang diharapkan maupun dari segi jenjang yang terbentuk (lihat gambar 2.1).



Sumber : Konya, 1990

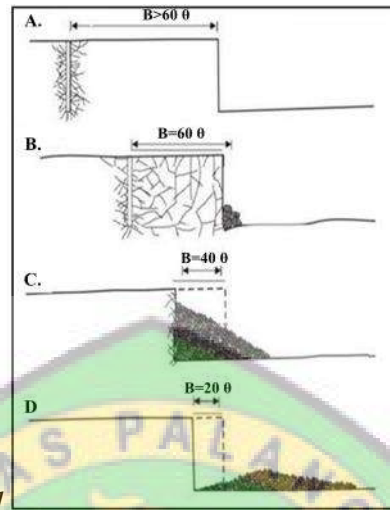
Gambar 2.1 Geometri Peledakan

Geometri peledakan menurut C. J. Konya adalah sebagai berikut :

1. *Burden*

Burden yaitu jarak tegak lurus terpendek antara muatan bahan peledak dengan bidang bebas yang terdekat atau kearah dimana batuan akan terlempar. Jarak *burden* yang terlalu kecil akan menghasilkan bongkaran yang terlalu hancur dan tergeser jauh dari dinding jenjang dan kemungkinan terjadinya batu terbang yang sangat besar. Sedangkan bila jarak *burden* terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi produk yang kurang baik, karena gelombang tekan yang mencapai bidang bebas menghasilkan gelombang tarik yang sangat lemah di bawah kuat tarik batuan, sehingga batuan dalam area *burden* tidak hancur (lihat gambar 2.2). Besarnya *burden*

tergantung pada karakteristik batuan, karakteristik bahan peledak dan diameter lubang ledak.



Sumber : Berta, 1985

Gambar 2.2 Pengaruh *Burden* Terhadap Peledakan

Secara sistematis besarnya *burden* dan hubungannya dengan faktor-faktor tersebut dinyatakan sebagai berikut :

$$B_1 = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33}$$

$$B_2 = \left(\left(\frac{2 \times SGe}{SGr}\right) + 1,50\right) \times De$$

$$B_3 = 0,67 \times De \times \left(\frac{Stv}{SGr}\right)^{0,33}$$

$$\text{Maka, Bterkoreksi} = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{3}$$

Keterangan :

B = *Burden* (ft)

De = Diameter lubang ledak (inch)

SGe = Berat jenis bahan peledak

SGr = Berat jenis batu yang diledakkan

Stv = *Relative bulk strength* (ANFO=100)

Dalam menentukan *burden* juga perlu dipertimbangkan faktor-faktor koreksi yang ada dilapangan (lihat pada tabel 2.2, tabel 2.3 dan tabel 2.4).

Tabel 2.2 Faktor Koreksi Terhadap Jumlah Baris Dalam Lubang Ledak

<i>Correction for Number of Row</i>	Kr
<i>One or two rows of holes</i>	1,00
<i>Third and subsequent rows or buffer blast</i>	0,90

Sumber : C.J Konya, 1995

Tabel 2.3 Faktor Koreksi Terhadap Posisi Lapisan Batuan

<i>Correction for Rock Deposition</i>	Kd
<i>Bedding steeply dipping into cut</i>	1,18
<i>Bedding steeply dipping into face</i>	0,95
<i>Other Cases of deposition</i>	1,00

Sumber : C.J Konya, 1995

Tabel 2.4 Faktor Koreksi Terhadap Struktur Geologi

<i>Correction for Rock Deposition</i>	Ks
<i>Heavy cracked, frequent with joint, weakly cemented layers</i>	1,30
<i>Thin well cemented layers with tight joint</i>	1,10
<i>Massive intact rock</i>	0,95

Sumber : C.J Konya, 1995

Setelah diketahui nilai *burden* dasarnya, dikoreksi terhadap beberapa faktor penentu, yaitu faktor jumlah baris lubang ledak, faktor posisi lapisan batuan dan faktor kondisi dan struktur geologinya. Besarnya faktor koreksi

tersebut secara matematis disebut *burden* terkoreksi dapat ditulis dengan persamaan pada 2.1 sebagai berikut :

$$B = B \times K_r \times K_d \times K_s \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

B = *Burden* terkoreksi

K_r = Faktor koreksi terhadap jumlah baris lubang ledak

K_d = Faktor koreksi terhadap posisi lapisan batuan

K_s = Faktor koreksi terhadap struktur geologi

2. Spasi

Spasi adalah jarak diantara lubang ledak dalam satu garis yang sejajar dengan bidang bebas. Nilai spasi menurut Konya didasarkan pada perbandingan *burden* dan tinggi jenjang, bila tinggi jenjang berbanding *burden* ($L/B < 4$) maka digolongkan jenjang rendah dan apabila perbandingannya ($L/B > 4$) maka digolongkan jenjang tinggi. (lihat tabel 2.5)

Tabel 2.5 Persamaan Untuk Menentukan Jarak Spasi

Type <i>Detonator</i>	$L/B < 4$	$L/B > 4$
<i>Instantaneous</i>	$S = (L+2B)/3$	$S = 2B$
<i>Delay</i>	$S = (L+7B)/8$	$S = 1,4B$

Sumber : C.J Konya, 1995

3. Stemming

Stemming adalah kolom material penutup lubang ledak di atas kolom isian bahan peledak. Fungsi *stemming* adalah agar terjadi keseimbangan tekanan dan mengurung gas-gas hasil ledakan, sehingga dapat menekan

batuan dengan energi yang maksimal, selain itu *stemming* juga berfungsi untuk mengontrol batuan terbang dan ledakan udara. Ukuran material *stemming* juga berpengaruh terhadap hasil peledakan. Secara teori persamaan yang digunakan untuk menghitung panjang *stemming* dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$T = 0,70 \times B \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

T = *Stemming* (m)

B = *Burden* (m)

4. *Subdrilling* (J)

Subdrilling merupakan panjang lubang ledak yang berada dibawah garis lantai jenjang, yang berfungsi untuk membuat lantai jenjang relatif rata setelah peledakan. Adapun persamaan untuk mencari jarak *subdrilling* menurut Konya dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$J = 0,30 \times B \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

B = *Burden* (m)

J = *Subdrilling* (m)

5. Kedalaman Lubang Ledak

Kedalaman lubang ledak dapat ditentukan berdasarkan produksi yang diinginkan dan tinggi jenjang yang ada. Kedalaman lubang ledak tidak boleh lebih kecil dari ukuran *burden* untuk menghindari terjadinya *overbreak* dan *cratering*. Kedalaman lubang ledak dapat dicari dengan menggunakan persamaan pada 2.4.

$$H = \frac{(L+J)}{\sin \alpha} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

H = Kedalaman lubang ledak (m)

L = Tinggi Jenjang (m)

J = *Subdrilling* (m)

a = Sudut kemiringan lubang ledak

6. Panjang Kolom Isian (*PC*)

Panjang kolom isian (*charge length*) merupakan panjang kolom lubang ledak yang akan diisi bahan peledak. Panjang kolom isian dapat ditentukan dengan mengurangi kedalaman lubang ledak dengan tinggi *stemming*, atau dapat dituliskan pada persamaan 2.5.

$$PC = H - T \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

PC = Panjang kolom isian (m)

H = Kedalaman lubang ledak (m)

T = *Stemming* (m)

7. *Loading density* (*de*)

Menentukan jumlah bahan peledak yang digunakan dalam setiap lubang ledak maka terlebih dahulu ditentukan *loading density*. Rumus *loading density* dapat dilihat pada persamaan 2.6.

$$de = 0,34 \times Sg^3 \times De^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

de = *Loading density*

De = Diameter lubang ledak (m)

SGe = Berat jenis bahan peledak yang dipakai

8. Powder Factor

Powder factor adalah suatu bilangan yang menyatakan perbandingan antara penggunaan bahan peledak terhadap jumlah material yang diledakkan atau dibongkar dalam kg/m^3 dapat dilihat pada persamaan 2.7.

$$PF = \frac{E}{V} = \frac{de \times PC \times n}{V} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

PF = Powder factor (kg/m^3)

V = Volume batuan yang diledakkan (m^3)

n = Jumlah lubang ledak

Penentuan nilai *powder factor* juga dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai kuat tekan batuan dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Klasifikasi Kuat Tekan Uniaksial Batuan terhadap *Powder Factor*

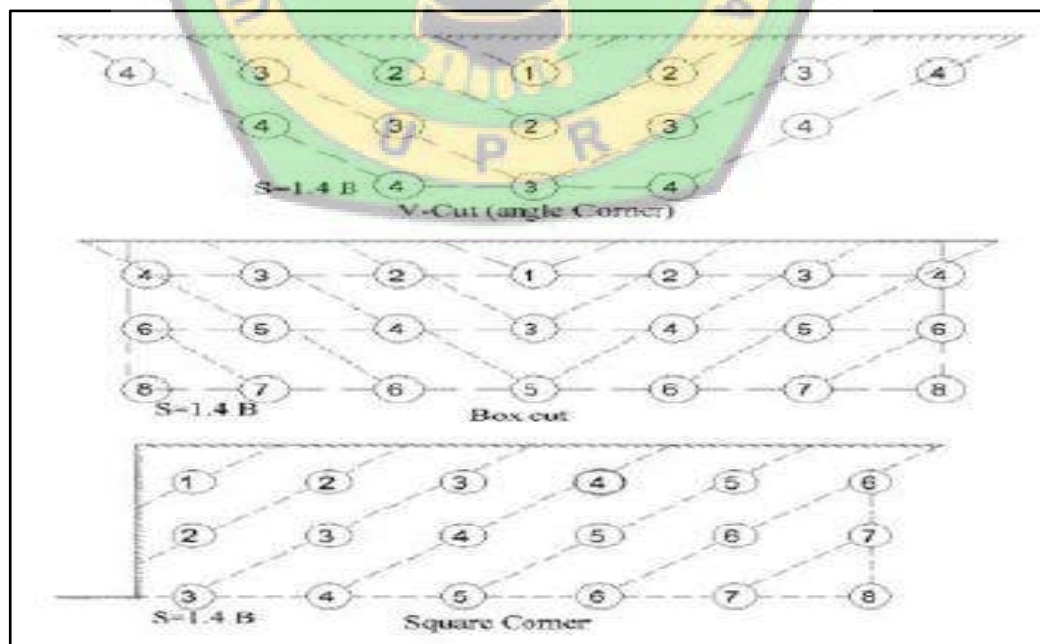
Jenis Batuan	UCS (MPa)	PF (kg/m ³)
Batuan Sangat Lemah	1-5	0,15 – 0,25
Batuan Lemah	5-25	0,25 – 0,35
Batuan Sedang	25-30	0,4 – 0,5
Batuan Keras	50-100	0,7 – 0,8
Batuan Sangat Keras	100-250	
Batuan yang Sangat Keras	>250	

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

2.4 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 1999, pola peledakan secara umum dibagi menjadi dua, yaitu berdasarkan urutan waktu peledakan dan berdasarkan arah runtuhannya (lihat gambar 2.3) yaitu :

1. *V-Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya menuju ke salah satu titik dan membentuk pola "v".
2. *Box Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya menuju ke arah bidang bebas dan membentuk kotak.
3. *Corner Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.

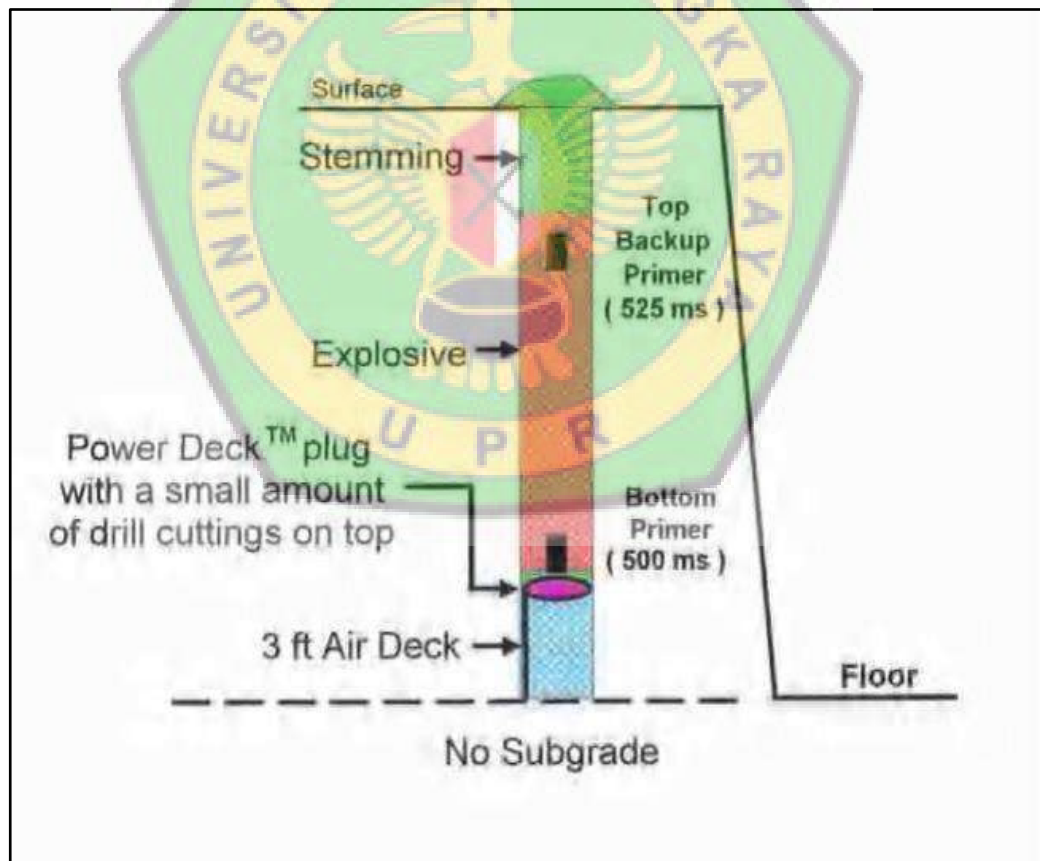


Sumber : Konya, 1990

Gambar 2.3 Pola Peledakan Menurut Arah Runtuhannya

2.5 Air Decking

Air decking merupakan teknik peledakan dengan memberikan ruang udara di dalam lubang ledak. Dikutip dalam paper J.C. Jhanwar, 2000 pada buku *A Method of Enhanced Rock Blasting by Blasting*, Mel Nikov et al. 1979, tekanan hasil peledakan yang terjadi dengan *air deck* mampu mengurangi nilai gelombang kejut pada awal inisiasi, namun menghasilkan durasi yang lebih lama dalam kekuatan gelombang kejutnya untuk menghasilkan retakan-retakan mikro sehingga *mean fragment size* batuan dapat berkurang. Faktor yang mempengaruhi panjang *air deck* (ADL / *Air Deck Length*) adalah nilai RMR_{89} (lihat gambar 2.4).



Sumber : J.C. Jhanwar, 2000

Gambar 2.4 Geometri *Air Decking*

Penelitian yang dilakukan oleh F. Chiapetta (2003) membuktikan bahwa penurunan penggunaan bahan peledak dengan menggunakan *air deck* sepanjang 3 *feet* (1 meter) adalah sebesar 16 – 25 % dari geometri awal. Panjang *air deck* maupun panjang kolom isian ditentukan berdasarkan *Air Deck Factor* (ADF). Dikutip dalam *The use of air decks in production blasting in an open pit coal mine*, J.C. Jhanwar, 2000, nilai *ADF* dapat dari persamaan 2.8 berikut :

$$ADF = \frac{ADL}{OCCL} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

ADF : *Air Deck Factor*

ADL : *Air Deck Length*

OCCL : *Original Column Charge Length*

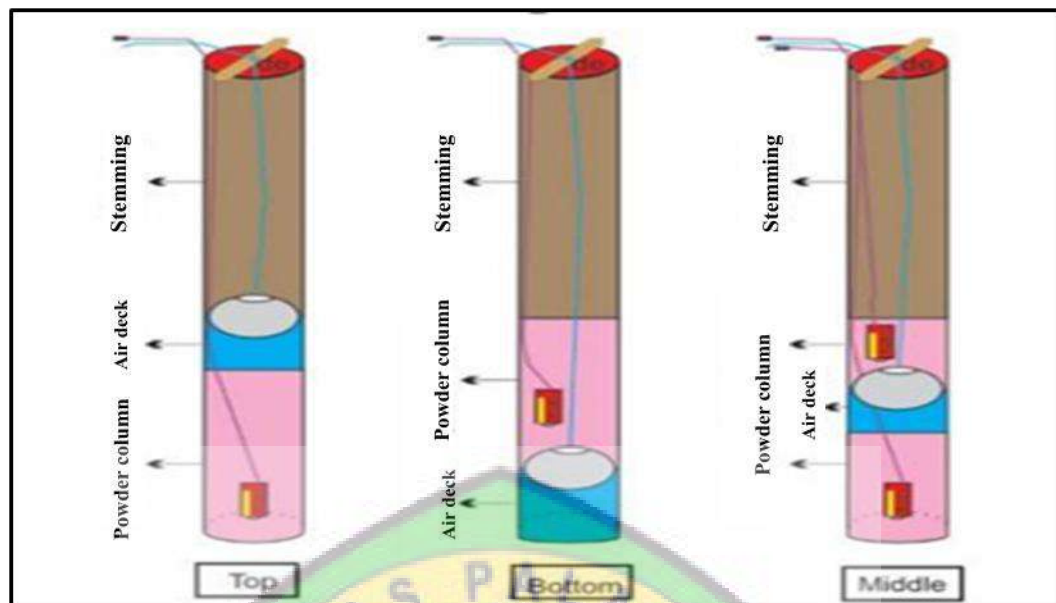
Dikutip dalam *paper Investigation Into The Influence of Air Decking on Blast Performance in Opencast Mines in India: A Study*, J.C. Jhanwar, 2013, hubungan antara *Air deck factor* dengan *RMR* atau *Rock Mass Rating* (lihat Gambar 3.16), dapat diketahui bahwa penggunaan *air deck* hanya sebatas di lokasi dengan kondisi nilai karakteristik massa batuan (*Rock Mass Ratings*) antara 20 – 65. Apabila nilai *RMR* diatas 65 maka tidak direkomendasikan dalam penggunaan *air deck*, karena nisbah *air deck factor* terlalu kecil (lihat gambar 2.5). Dari gambar tersebut juga dapat dilihat jika semakin kecil nilai *Rock Mass Ratings* maka semakin besar nilai *Air Deck Factor* dan juga sebaliknya semakin kecil nilai *Air Deck Factor* semakin besar nilai *Rock Mass Ratings*.



Sumber : J.C. Jhanwar, 2013

Gambar 2.5 Hubungan antara *Air Deck Factor* dan *RMR*

Posisi *air deck* (ruang kosong) ini bisa diletakkan di bagian atas (dibawah kolom *stemming*) atau disebut juga *top air deck*, ditengah-tengah kolom isian atau disebut juga *middle air deck* dan di bagian bawah dalam lubang ledak atau disebut juga *bottom air deck*. Posisi *air deck* dibuat sesuai dengan kebutuhan dan sesuai dengan keadaan di lokasi peledakan. Penentuan posisi *air deck* pada lubang ledak akan mempengaruhi hasil peledakan dari segi fragmentasi, *fly rock* ataupun getaran hasil peledakannya. Jenis- jenis posisi *air deck* pada lubang ledak dapat dilihat pada gambar gambar 2.6.



Sumber : Koesnaryo,2001

Gambar 2.6 Pengelompokan posisi *air deck*

1. Posisi *air deck* didasar (*bottom*)
 - Selama ini praktek penggunaan produk *air deck* di bagian bawah (*subdrill*) disebabkan adanya air statis (*water static*) didasar lubang.
 - Penempatan produk seperti stemdeck diatas air statis ini diharapkan dapat memutus kontak antara air dan bahan peledak (*blasting agent*) yang tidak tahan air seperti ANFO. Tujuan utamanya adalah untuk menjaga *cost* serendah-rendahnya dengan tetap memakai ANFO sebagai *blasting agent*.
 - Perusahaan yang tidak memiliki produk *based emulsion* (hanya ANFO) maka penggunaan produk *stemdeck* ini jauh lebih efisien dibandingkan menggunakan kondom (*liner*), jika dikaji dari sisi *cost* dan kemudahan praktek di lapangan.

- Sejalan dengan perkembangan pengetahuan di dunia peledakan, sekarang ini banyak yang menggunakan produk sejenis ini, untuk menciptakan *air deck* di area *subdrill* dengan tujuan utama menghemat penggunaan bahan peledak tanpa adanya tambahan aksesoris seperti *primer (detonator dan booster)*.

2. Posisi *air deck* di tengah-tengah (*middle*)

- Umumnya praktek penggunaan produk *air deck* di bagian tengah (*middle decking*) digunakan pada lubang dalam dengan kondisi kering.
- Tujuannya adalah untuk menghemat penggunaan *blasting agent* dan mendapatkan distribusi yang lebih baik serta mengurangi energi yang berlebih.
- Hal yang harus diperhatikan dalam penerapan *middle decking* ini adalah penggunaan aksesoris yang lebih banyak berupa *detonator dan booster (primer)*. Hal ini diperlukan untuk menginisiasikan kolom isian di bagian bawah dan bagian atas yang terputus oleh *air deck*. Kalau kondisi normal biasanya menggunakan 1 primer (1 *detonator* dan 1 *booster*) maka pada kondisi *middle decking* ini dibutuhkan 2 primer (2 *detonator* dan 2 *booster*).
- Berdasarkan *rule of thumb*, penggunaan *middle decking* ini cocok digunakan pada lubang kering dengan kedalaman 11 meter. Dengan panjang decking minimal 1 meter. Sehingga tercapai *cost* efisiensi yang diinginkan.

3. Posisi *air deck* di atas (dibawah *stemming*)

- Penggunaan produk *air deck* di bagian atas (*top decking*) dapat digunakan pada lubang dengan kondisi kering dan basah. Khusus pada lubang kering pemasangan *stemdeck* dibantu menggunakan tongkat (*stick*) untuk memposisikan ke posisi yang seharusnya. Hal ini disebabkan *stemdeck* tidak bisa menembus air .
- Tujuan *top decking* ini adalah untuk menghemat penggunaan *blasting agent*, mendapatkan distribusi yang lebih baik di bagian kolom *stemming* dan mencegah terjadinya *over confined* (mampat yang berlebihan)
- *Top decking* ini tidak membutuhkan tambahan aksesoris.

2.6 Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Getaran tanah (*ground vibration*) merupakan gelombang yang bergerak di dalam tanah yang disebabkan oleh adanya sumber energi. Sumber energi tersebut berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia salah satunya adalah kegiatan peledakan. Getaran tanah terjadi pada daerah elastis (*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 volumenya akan kembali dalam keadaan semula setelah tak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang elastis yang dikenal juga sebagai gelombang seismik.

2.6.1 Gelombang Seismik

Menurut Elnashai dan Sarno (2008), gelombang seismik merupakan salah satu gelombang yang menggambarkan penjalaran energi melalui bumi yang padat. Gelombang yang merambat adalah gangguan medium yang dapat berlanjut dengan sendirinya dari satu titik ke titik yang lainya dengan membawa energi dan momentum. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang elastis yang disebut gelombang seismik. Gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang badan merambat melalui massa batuan menembus kebagian dalam batuan. Gelombang badan dapat dibagi menjadi dua yaitu gelombang tekan dan gelombang geser.

2. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik selain gelombang badan. Jenis dari gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*.

2.6.2 Scaled Distance

Berdasarkan buku B.V. Gokhale (2010), Tinjauan metode *Scaled Distance* (SD) pada kegiatan peledakan menyangkut beberapa faktor yang menghubungkan dengan perkiraan tingkat getaran peledakan berdasarkan pada isian bahan peledak dan jarak suatu bangunan atau daerah dari tempat peledakan. Cara yang praktis dan efektif untuk mengontrol getaran adalah dengan menggunakan *Scaled Distance* yang memungkinkan pelaksanaan di lapangan menentukan jumlah

isian bahan peledak atau jarak aman yang digunakan agar menghasilkan getaran peledakan yang diizinkan.

Peneliti dari *U.S. Bureau of Mines* untuk pertama kali mengembangkan model matematis yang disebut *the propagation law* yang berkaitan dengan kecepatan partikel puncak (*peak particle velocity, PPV*). Lapornya ditulis pada Buletin *U. S. Bureau of Mines* No.656 tahun 1971 yang tercantum pada buku B.V. Gokhale (2010), dari bentuk persamaannya yang dapat dilihat pada persamaan 2.9.

$$PPV = k \times \left[\frac{D}{Q^{0.5}} \right]^{-e} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

PPV = Kecepatan partikel puncak/ *Peak Particle Velocity (mm/s)*

k = Ketetapan terkait dengan kondisi lokasi

D = Jarak dari lokasi peledakan ke titik pengukuran (m)

Q = Total isian bahan peledak per waktu tunda (*kg/delay*)

x = Nilai akar dari *scaled distance*

e = Eksponen yang terkait dengan tipe massa batuan

Berikut cara ketentuan *Scaled Distance* secara Teoritis:

a. Nilai Koefisien k

Ketetapan terkait dengan kondisi lokasi akan berbeda tergantung kondisi di lapangan. Konstanta k disebut sebagai faktor tempat (*site factor*). Konstanta k adalah nilai garis batas hubungan pada saat SD adalah 1 pada grafik log. Nilai tersebut menyatakan energi yang ditransferkan dari bahan peledak ke batuan sekitarnya (lihat tabel 2.7).

Tabel 2.7 Penentuan Nilai Koefisien k

k	Kategori Lokasi
500	untuk kondisi yang sangat terstruktur atau batuan keras
1140	untuk kondisi rata-rata
5000	untuk kondisi terbatas, peledakan lapangan dekat dengan titik <i>monitoring</i>

Sumber: B.V. Gokhale, 2010

b. Nilai Koefisien x

Ketetapan terkait dengan Nilai akar dari *scaled distance* akan berbeda tergantung pendugaan kerusakan struktur bangunan akibat kegiatan peledakan. Nilai-nilai koefisien x dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Penentuan Nilai Koefisien x

Keterangan	x	Penggunaan
<i>Square Root Scaled Distance</i>	2	digunakan untuk pendugaan kerusakan struktur bangunan akibat peledakan pada jarak > 20 feet (6,096 meter) dari sumber ledakan
<i>Cube Root Scaled Distance</i>	3	digunakan untuk pendugaan kerusakan struktur bangunan akibat peledakan pada jarak < 20 feet (6,096 meter) dari sumber ledakan

Sumber: B.V. Gokhale, 2010

c. Nilai “e”

Nilai e tergantung pada sifat batuan antara lokasi peledakan dengan alat pemantau (seismograf). Berkurangnya nilai *peak particle velocity* dipengaruhi geometri penyebaran dan pengaruh dari karakteristik batuan disebut sebagai *slope factor*. Nilai-nilai berdasarkan tipe batuan dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Value Of Exponent e For Different Rock Masses

<i>Rock mass type</i>	<i>Value of exponent e</i>
<i>Rhyolite</i>	2,2 - 2,5
<i>Granite</i>	2,1 - 2,4
<i>Limestone</i>	2,1
<i>Ordovician sediments</i>	2,8
<i>Overburden in coal mines</i>	1,5 - 1,8
<i>Massive basalt</i>	1,9 - 3,0

Sumber: B.V. Gokhale, 2010

Getaran hasil peledakan juga akan mempengaruhi bangunan atau perumahan warga di sekitar lokasi peledakan. Baku tingkat getaran peledakan pada tambang terbuka ini diatur pada SNI 7571:2010 berdasarkan kelas-kelas bangunannya dan dapat dilihat pada tabel 2.10.

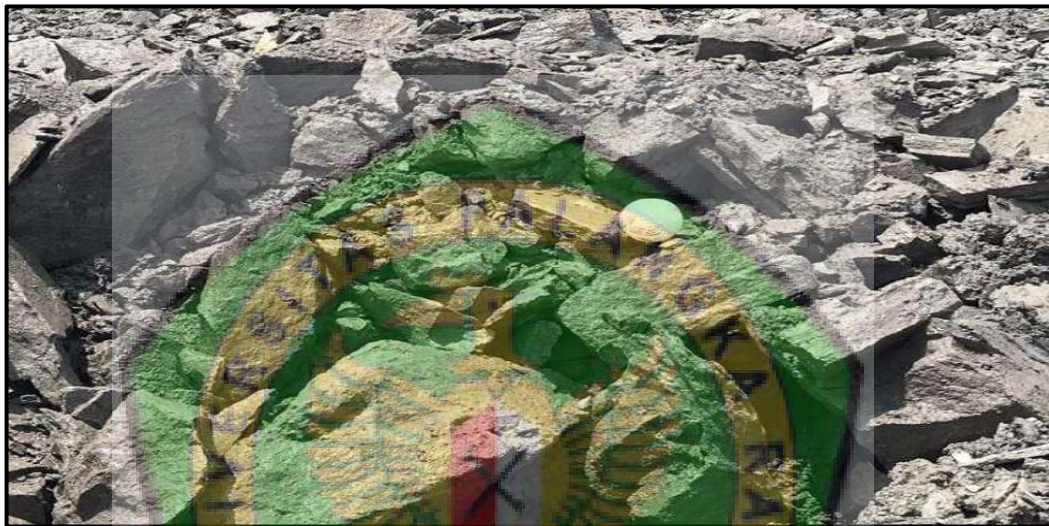
Tabel 2.10 Kelas dan Jenis Bangunan serta *Peak Vector Sum*

Kelas	Jenis Bangunan	<i>Peak Vector Sum</i> (mm/s)
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 diikat dengan <i>slope</i> beton.	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen <i>slope</i> beton, kolom dan rangka diikat dengan <i>ring balk</i> .	7 - 20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, <i>slope</i> beton, kolom dan diikat dengan rangka baja.	12 - 40

Sumber : SNI 7571, 2010

2.7 Fragmentasi Batuan

Fragmentasi adalah istilah umum untuk menunjukkan ukuran setiap bongkah dari batuan hasil peledakan. Ukuran fragmentasi tergantung pada geometri peledakan dan jumlah bahan peledak yang digunakan. Untuk contoh fragmentasi hasil peledakan dilapangan dapat dilihat pada gambar 2.7.



Sumber : Penelitian di Lapangan

Gambar 2.7 Contoh Fragmentasi Hasil Peledakan

Dikutip dalam skripsi Ivan Darmawan, 2015 pada buku *Blasting Principles for Open Pit Mining Vol. I*, Hustrulid 1999, elemen penting dalam pengoptimalan sistem fragmentasi adalah pengembangan metode-metode praktis untuk penentuan tingkat fragmentasi. Empat metode pengukuran yang dapat digunakan dalam pengukuran fragmentasi peledakan adalah sebagai berikut :

a. Pengayaan (*sieving*)

Metode ini menggunakan ayakan dengan ukuran saringan berbeda untuk mengetahui persentase lolos fragmentasi batuan hasil peledakan.

b. *Boulder counting (production statistic)*

Metode ini mengukur hasil peledakan melalui proses berikutnya, apakah terdapat kendala dalam proses tersebut, misalnya melalui pengamatan *digging rate*, *secondary breakage* dan produktivitas *crusher*.

c. *Image analysis (photographic)*

Metode ini menggunakan perangkat lunak (*software*) dalam melakukan analisis fragmentasi. *Software* tersebut antara lain, *Split Engineering*, *gold size*, *power sieve*, *wipfrag*, dll.

d. *Manual (measurement)*

Dilakukan pengamatan dan pengukuran secara manual di lapangan dalam satuan luas tertentu yang dianggap mewakili (*representatif*).

Ada dua metode yang paling sering digunakan untuk menganalisis distribusi fragmentasi hasil peledakan yaitu dengan teori Kuzram dan menggunakan *Split desktop*.

2.7.1 Model Kuz-Ram

Model Kuz-Ram merupakan suatu metode untuk memprediksi fragmentasi hasil peledakan. Model Kuz-Ram terdiri dari persamaan *Kuznetsov* dan *Rosin-Rammler*. Persamaan *Kuznetsov* digunakan untuk menentukan fragmentasi batuan rata-rata dan persamaan *Rosin-Rammler* untuk menentukan persentase material yang tertampung di ayakan dengan ukuran tertentu. (Jethro dkk, 2016)

Persamaan *Kuznetsov* (1973) memprediksikan ukuran rata-rata fragmentasi dengan menghubungkan ukuran rata-rata fragmentasi dengan *powder factor* bahan

peledak dan struktur geologi batuan. Persamaan *Kuznetsov* dicari dengan persamaan 2.10 berikut :

$$X = A \times \left(\frac{V}{Q}\right)^{0,8} \times Q^{0,17} \times \left(\frac{E}{115}\right)^{-0,63} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

X = ukuran fragmentasi rata-rata batuan (cm)

A = faktor batuan

V = volume batuan yang terbongkar (V = B x S x L)

Q = berat bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

E = *relative weight strength* (ANFO=100)

Menurut Kuznetsov (1973), nilai faktor batuan didapatkan dari indeks kemampuledakkan (*blastibility index*) batuan yang bersangkutan.

$$RF = 0,12 \times BI$$

Keterangan :

RF = *Rock Factor* (Pembobotan massa batuan)

BI = *Blastability index*

Nilai indeks kemampuan peledakkan ditentukan dari penjumlahan bobot nilai tiap parameter batuan yaitu *Rock Mass Description* (RMD), *Joint Plane Spacing* (JPS), *Joint Plane Orientation* (JPO), *Spesific gravity influence* (SGI), dan *Hardness* (H). Hubungan antara kelima parameter tersebut, dicari dengan persamaan 2.11 berikut:

$$BI = 0,5 (RMD + JPS + JPO + SGI + H) \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

RMD = *rock mass description*

JPS = *joint plane spacing*

$JPO = \text{joint plane orientation}$

$SGI = \text{specific gravity influence}$

Untuk menentukan bobot nilai tiap parameter di atas, dapat dilihat dari Tabel 2.11 yang diberikan oleh Lilly (1986), sebagai berikut:

Tabel 2.11 Bobot nilai tiap parameter penentuan faktor batuan

1. Rock Mass Description (RMD)	Rating
1.1 Powder / friable	10
1.2 Blocky	20
1.3 Totally massive	50
2. Joint Plane Spacing (JPS)	Rating
2.1 Close (< 0,1 m)	10
2.2 Intermediate (0,1-1,0 m)	20
2.3 Wide (> 0,1 m)	50
3. Joint Plane Orientation (JPO)	Rating
3.1 Horizontal	10
3.2 Dip out of face	20
3.3 Strike normal to face	30
3.4 Dip into face	40
4. Spesific Gravity Influence (SGI)	$SGI = 25 \times \text{bobot isi} - 50$
5. Hardness (H)	Rating Of 1 TO 1-10

(Sumber : Lilly, 1986)

Kurva *Rosin-Rammler* secara umum telah diakui sebagai rujukan penggambaran tingkat fragmentasi batuan hasil peledakan. Suatu titik pada kurva tersebut, yaitu ukuran *mesh* dengan 50% kelolosan diberikan oleh persamaan

Kurznetzov (1973). Faktor-faktor yang diperlukan untuk menentukan Kurva Rammler adalah eksponen 'n' dalam persamaan :

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

$$R = e^{-(X/X_c)^n}$$

Keterangan :

R = perbandingan material yang tertinggal pada ayakan

X = ukuran ayakan (cm)

n = indeks keseragaman

Untuk mendapatkan nilai tersebut, hasil perhitungan dengan persamaan Lownds yang dianalisis dan di gambarkan berdasarkan persamaan regresinya dan nilai 'n' sangat tergantung pada ketetapan pemboran, nisbah *burden* dan ukuran lubang ledak, pola pemboran, nisbah spasi dan *burden* serta nisbah panjang isian dan tinggi jenjang yang dapat dilihat pada persamaan 2.12.

$$n = (2,2 - 14 \frac{B}{De}) \times (\frac{1+A}{2})^{0,5} \times (1 - \frac{W}{B}) \times (\frac{PC}{L}) \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

De = diameter bahan peledak atau lubang ledak (mm)

W = standar deviasi pemboran (m)

A = nisbah spasi dan *burden*

L = tinggi jenjang (m)

PC = panjang isian bahan peledak (m)

BAB III

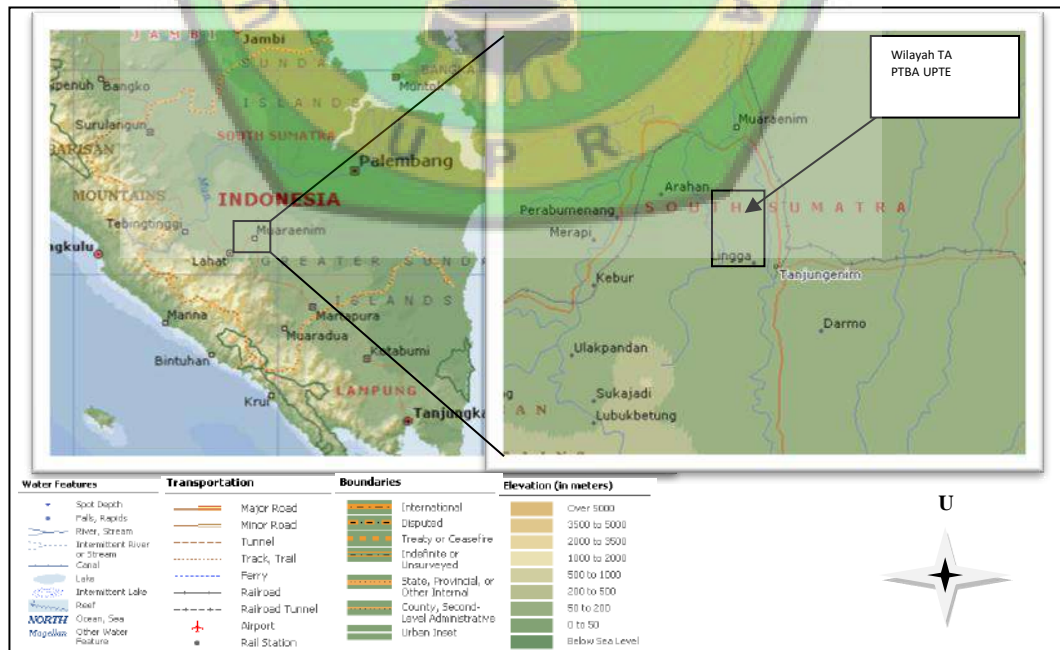
METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi Penambangan PT Bukit Asam, Tbk terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan jarak yaitu kurang lebih 186 km Barat Daya dari pusat kota Palembang (dapat dilihat pada gambar 3.1).

Daerah operasional penambangan Banko Barat adalah salah satu wilayah operasional PT Bukit Asam, yaitu sekitar 7 km dari Tanjung Enim kearah Timur. Secara administratif daerah Banko Barat termasuk daerah lokasi kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 3.1 Peta Lokasi PT. Bukit Asam, Tbk. (Tanpa Skala)

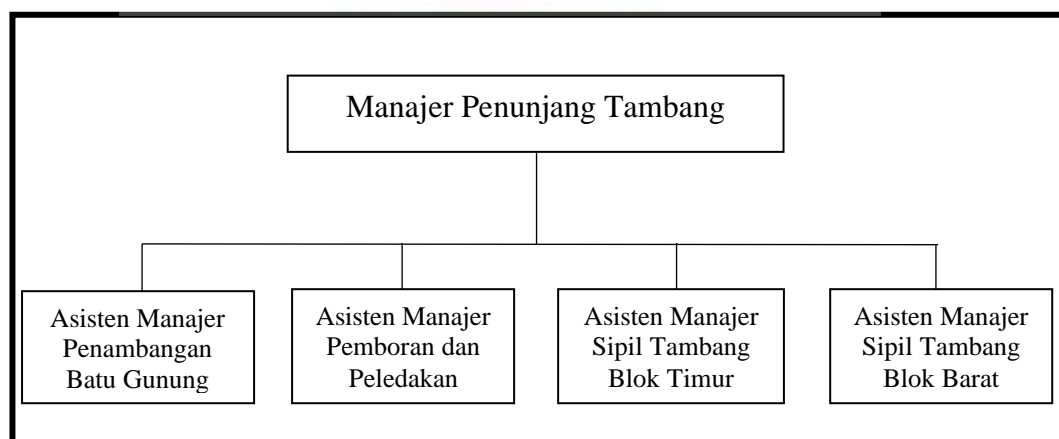
Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT Bukit Asam terletak di Tanjung Enim, , Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan jarak kurang lebih 186 km Barat Daya dari pusat kota Palembang. Wilayah IUP PT Bukit Asam terletak pada posisi $103^{\circ} 45' \text{ BT} - 103^{\circ} 50' \text{ BT}$ dan $3^{\circ} 42' 30'' \text{ LS} - 4^{\circ} 47' 30''$ atau garis bujur 9.583.200 – 9.593.200 dan lintang 360.600 - 367.000 dalam sistem koordinat internasional.

3.1.2 Struktur Organisasi Perusahaan

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

3.1.2.1 Struktur Organisasi Penunjang Tambang

Satuan kerja penunjang tambang merupakan satuan kerja yang bertugas dalam mengawasi dan menangani permasalahan yang terjadi akibat dari proses penambangan sampai pada pasca tambang. Satuan Kerja ini dipimpin oleh seorang manajer. Satuan Kerja Penunjang Tambang terdiri dari beberapa bagian yang dikepalai oleh asisten manajer (dapat dilihat pada gambar 3.2).



Gambar 3.2 Struktur Organisasi Satuan Kerja Penunjang Tambang

3.1.3 Keadaan Iklim dan Curah Hujan

Keadaan Iklim dan Curah Hujan disekitar lokasi penambangan diperoleh dari data sekunder Departemen *Engineering* PT. Bukit Asam, Tbk. Data Curah hujan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Curah Hujan Lokasi Penelitian Tahun 2019

NO	Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan
1	Januari	478,90	25
2	Februari	267,20	20
3	Maret	313,00	21
4	April	78,36	12

Sumber : Dept. *Engineering* PT. Bukit Asam, Tbk

Jika dilihat dari banyaknya hari hujan yang terjadi dalam sebulan sepanjang tahun 2019 maka jumlah hari hujan rata-rata bulanan tertinggi terjadi pada bulan Januari yaitu selama 25 hari dan curah hujan terendah terjadi pada bulan April yaitu selama 12 hari. Jika dilihat dari data curah hujan dan jumlah hari hujannya dari bulan Januari – April 2019, maka dapat dikatakan bahwa curah hujan rata-rata yang terjadi perhari hujannya adalah 14,58 mm/hari hujan.

3.2 Kondisi Geologi

3.2.1 Kondisi Geologi Regional

3.2.1.1 Fisiografi

Lapisan batubara terdiri dari batubara Mangus (A1 dan A2), batubara Suban (B) dan Batubara Petai (C). Penyebaran batubara dari arah Timur-Barat dengan Strike N 94° E - 110° E dengan dip 60° - 70° ke arah Selatan. Ditinjau dari

keadaan geologi pembentukan batubara, maka lapisan batubara pada awalnya berupa lapisan yang datar (*flat*) atau sedikit miring. Berdasarkan Litologinya, maka batuan yang tersingkap di Banko Barat dapat dikelompokkan menjadi dua formasi, yaitu formasi Muara Enim dan Formasi Air Benakat. Lapisan batubara di daerah Izin Usaha Pertambangan PT. Bukit Asam Unit Pertambangan Tanjung Enim menempati tepi barat bagian dari Cekungan Sumatera Selatan, dimana cekungan ini merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Tengah dan Selatan menurut (Coster, 1974 dan Harsa, 1975). Lapisan batubara pada daerah ini tersingkap dalam sepuluh lapisan batubara yang terdiri dari lapisan tua sampai muda, yakni Lapisan Petai, Lapisan Suban, Lapisan Mangus dan tujuh lapisan gantung (*hanging seam*).

3.2.1.2 Stratigrafi Regional

Geologi regional daerah PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. termasuk ke dalam *Sub* Cekungan Palembang yang merupakan bagian dari Cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada zaman *tersier*. *Sub* Cekungan Sumatera Selatan yang diendapkan selama zaman *kenozoikum* terdapat urutan litologi yang terdiri dalam 2 (dua) kelompok, yaitu Kelompok Telisa dan Kelompok Palembang. Kelompok Telisa terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talang Akar, Formasi Batu Raja dan Formasi Gumai. Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai.

1. Formasi Lahat

Formasi Lahat diendapkan tidak selaras diatas batuan pra-*tersier* pada lingkungan darat. Formasi ini berumur Oligosen bawah, tersusun oleh tuffa

breksi, lempung tuffan, breksi dan konglomerat. Pada tempat yang lebih dalam fasiesnya berubah menjadi serpih tuffan, batu lanau dan batu pasir dengan sisipan batubara. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0 – 300 meter.

2. Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar diendapkan tidak selaras diatas formasi Lahat. Formasi ini berumur Oligosen atas sampai Oligosen bawah, tersusun oleh batupasir, batu sampingan, batulempung dan batulempung sisipan batubara. Formasi Talang Akar diendapkan dilingkungan fluvial, *delta* dan laut dangkal dengan ketebalan berkisar 0 – 400 meter.

3. Formasi Baturaja

Formasi Baturaja diendapkan selaras diatas formasi Talang Akar. Formasi ini berumur miosen bawah yang tersusun oleh napal, batugamping berlapis dan batugamping terumbu. Ketebalan formasi ini berkisar antara 0 – 400 meter.

4. Formasi Gumai

Formasi Gumai diendapkan selaras diatas formasi Baturaja yang berumur miosen bawah sampai miosen tengah. Formasi ini tersusun oleh serpih dan sisipan napal dengan batu gamping di bagian bawah. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah laut dalam, dengan ketebalan 300 – 2200 meter.

5. Formasi Air Bekanat

Formasi Air Bekanat diendapkan selaras diatas Formasi Gumai yang berumur miosen tengah tersusun oleh batu lempung pasiran dan batupasir Glaukonitan. Formasi Air Bekanat diendapkan pada lingkungan laut neritik dan berangsur menjadi laut dangkal, dengan ketebalan antara 100 – 800 meter.

6. Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras diatas formasi bekanat. Formasi ini berumur miosen atas yang tersusun oleh batupasir lempungan dan batubara. Formasi ini merupakan pengendapan lingkungan laut neritik sampai rawa, dengan ketebalan berkisar antara 150 – 750 meter.

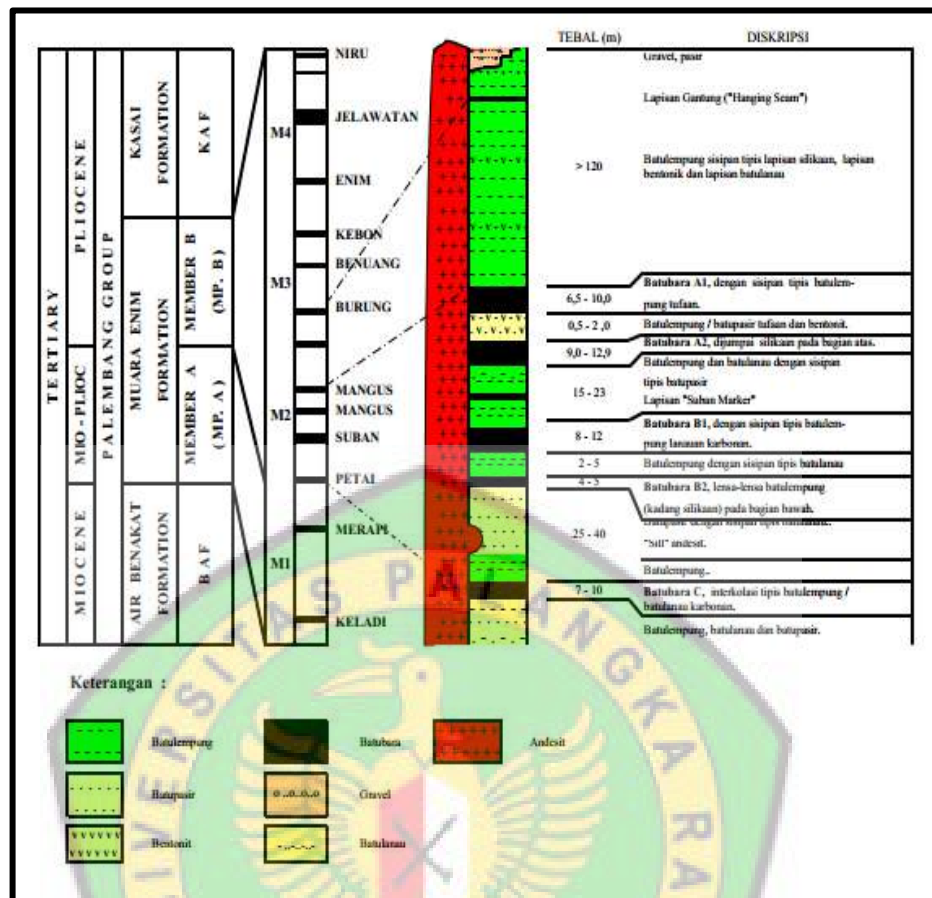
7. Formasi Kasai

Formasi Kasai diendapkan selaras diatas formasi Muara Enim. Formasi ini tersusun oleh batubara tuffan yang dicirikan bewarna putih, batu lempung dan sisipan batubara tipis seperti yang tersingkap didaerah suban.

3.2.2 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

3.2.2.1 Litologi

Litologi merupakan deskripsi batuan pada singkapan berdasarkan karakteristiknya, seperti : warna, komposisi mineral dan ukuran butir. Untuk mengetahui lebih rinci dapat dilihat pada susunan stratigrafi di Pit 2 Banko Barat PT Bukit Asam, Tbk dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Penampang Litologi Pit 2 Banko Barat

Adapun penjelasan gambar diatas adalah sebagai berikut :

1. Lapisan Tanah Penutup (*overburden*)

Tanah penutup terdiri dari endapan sungai tua (pasir dan kerikil) batulempung dan lapisan lanau yang *silisified*, juga terdapat *iron stone nodules* serta lapisan gantung (*hanging steam*). Dapat dijelaskan bahwa lapisan ini merupakan lapisan yang terdiri dari tanah liat, *bentonite*, dan campuran lumpur serta batu pasir halus, pada bagian ini dapat dijumpai nodul-nodul *clay ironstone* yang berbentuk cakram pada gantung batubara dengan ketebalan rata-rata diatas 0.25 m sampai 0.80 m.

2. Lapisan Batubara A1 (Mangus Atas)

Umumnya lapisan batubara ini dapat dicirikan dengan adanya material- material pengotor berupa tiga lapisan tanah liat yang disebut dengan *clayband*, adapun ketebalan dari lapisan batubara A1 adalah 7,3 m.

3. Lapisan *Interburden* A1 – A2

Lapisan ini dicirikan oleh adanya material Tufan berwarna putih dan abu-abu. Secara keseluruhan lapisan ini memperlihatkan adanya struktur *graded bedding* dengan batu pasir konglomerat pada bagian dasar, batu lanau, dan batu lempung.

4. Lapisan Batubara A2

Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 4,5 m.

5. Lapisan *Interburden* A2 – B

Lapisan ini dicirikan dengan batu lempung, serta sisipan batupasir.

6. Lapisan Batubara B1

Lapisan batubara ini memiliki ketebalan 12,7 m dan terdapat sisipan batu lempung.

7. Lapisan *Interburden* B1 – B2

Lapisan ini mengandung batu lempung dan batu lanau yang tipis.

8. Lapisan Batubara B2

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 4,5 m.

9. Lapisan *Interburden* B2 – C

Lapisan ini mengandung batu lanau, batu pasir, dan sisipan batu lanau serta terdapat mineral *Glaukonitan*.

10. Lapisan Batubara C

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 11,5 m dengan sisipan tipis batu lempung dan dibawahnya terdapat batu lempung dan batu lanau.

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan saat melakukan penelitian ialah :

- Alat : Kamera, *GPS*, Meteran, Bola dan Laptop.
- Bahan : Buku Lapangan, APD dan Alat Tulis,

3.4 Tata Laksana

3.4.1 Langkah Kerja

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

1. Tahapan Persiapan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan literatur dari penelitian terdahulu mengenai peledakan menggunakan *air deck* yang membahas nilai *powder factor*, hasil fragmentasi dan getaran tanah hasil peledakan.

2. Tahap Pengambilan data

Melakukan observasi langsung di lapangan tentang kegiatan peledakan dengan melihat geometri dari peledakan terutama untuk kondisi lubang, kedalaman lubang ledaknya, penggunaan bahan peledaknya, fragmentasi hasil peledakan dan getaran hasil peledakan. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil observasi atau pengamatan langsung dilapangan. Sedangkan data sekunder merupakan dokumen-dokumen penunjang dalam menulis laporan ini .

3. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini, data yang telah didapatkan tersebut kemudian diolah secara komputasi menggunakan laptop. Data yang perlu diolah antara lain adalah :

- a. Menganalisis data peledakan *air decking* aktual dilapangan yang berupa geometri peledakan, nilai *powder factor*, getaran hasil peledakan serta ukuran fragmentasi hasil peledakan.
- b. Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian dan disusun menjadi sebuah laporan sebagai tanda pertanggungjawaban selama penelitian. Tujuan untuk memberi informasi geometri peledakan *air decking* dapat memaksimalkan penggunaan bahan peledak dan mengoptimalkan kegiatan peledakan.

3.4.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam melakukan penelitian skripsi ini adalah :

1. Metode Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan mencari penelitian terdahulu mengenai judul yang diambil yaitu tentang geometri peledakan, fragmentasi batuan hasil peledakan, nilai *powder factor* dan *getaran hasil peledakan*.

2. Metode Observasi

Metode observasi merupakan metode yang dilakukan dengan pengamatan langsung dilapangan, dengan mengumpulkan data yang

didapatkan langsung dilapangan. Data yang didapatkan dilapangan merupakan data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil langsung dilapangan, berikut ini merupakan data primer yang diambil langsung dilapangan :

- 1) Mengambil data geometri peledakan yang menggunakan metode *bottom air deck*;
- 2) Menghitung penggunaan bahan peledak yang dipakai selama kegiatan peledakan *bottom air deck*;
- 3) Menghitung Nilai *Powder Factor* Aktual Pit 2 Banko Barat ;
- 4) Menghitung Nilai Getaran Tanah di Pit 2 Banko Barat yang menggunakan metode peledakan *bottom air deck*.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang digunakan untuk penelitian ini. Data sekunder yang diambil adalah sebagai berikut :

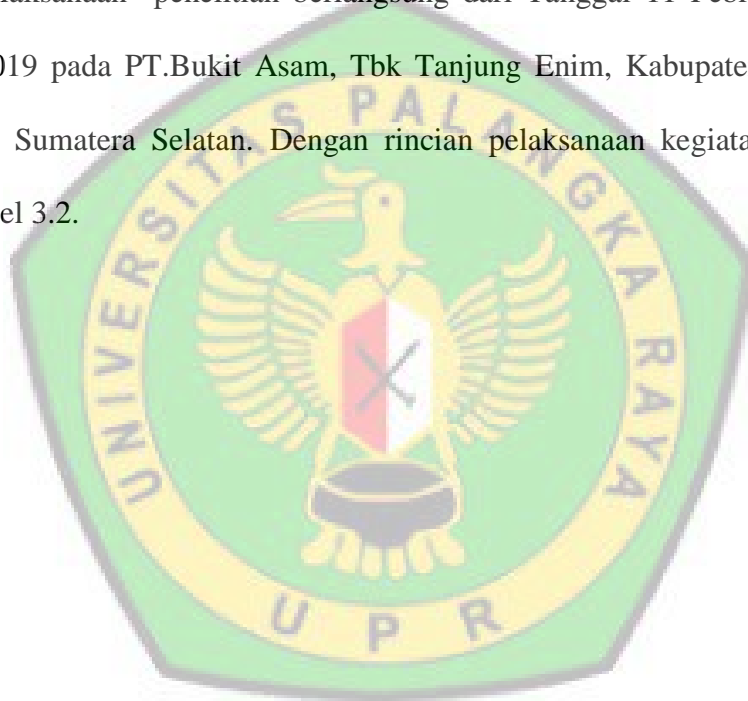
- 1) Peta lokasi penambangan PT. Bukit Asam, Tbk, Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan;
- 2) Peta kesampaian daerah, Peta Geologi Lokasi Penelitian dan Pola Peledakan;
- 3) Data curah hujan di lokasi Pit 2 Banko Barat selama penelitian dari bulan Februari – Maret.

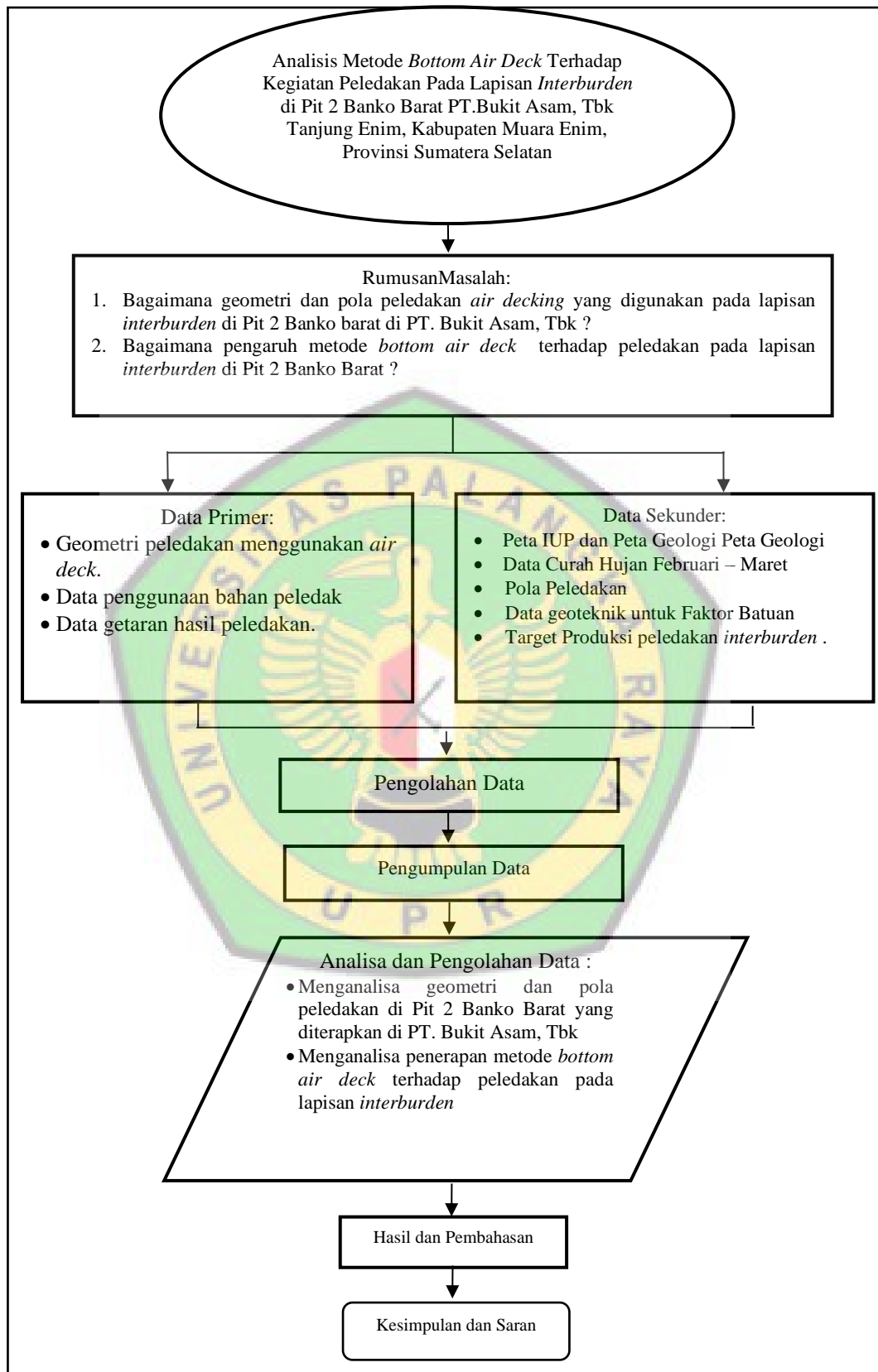
3.5 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian “Analisis Metode *Bottom Air Deck* Terhadap Kegiatan Peledakan pada Lapisan *Interburden* di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan” dapat dilihat pada gambar 3.4.

3.6 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian berlangsung dari Tanggal 11 Februari 2019 – 11 April 2019 pada PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Dengan rincian pelaksanaan kegiatan dapat dilihat pada tabel 3.2.





Gambar 3.4 Bagan Alir Penelitian

Tabel 3.2 Tabel Waktu Penelitian

Uraian Kegiatan	Tahun 2019											Tahun 2020	Tahun 2021			
	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Januari – Desember	Jan	Feb	Mar	Apr
Studi Literatur																
Orientasi Lapangan	■															
Pengambilan Data	■	■														
Pengolahan Data		■	■													
Pembuatan Laporan di Lapangan		■	■													
Konsultasi Pembimbing Lapangan		■	■													
Konsultasi Proposal																
Seminar Proposal																
Konsultasi Hasil Skripsi												■	■	■		
Revisi Laporan Skripsi												■	■	■		
Seminar Hasil Skripsi													■			
Revisi Ujian Skripsi													■	■	■	
Ujian Skripsi																■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data di PT.Bukit Asam,Tbk pada tanggal 11 Februari – 11 April 2019, didapatkan hasil sebagai berikut :

4.1.1 Geometri dan pola peledakan

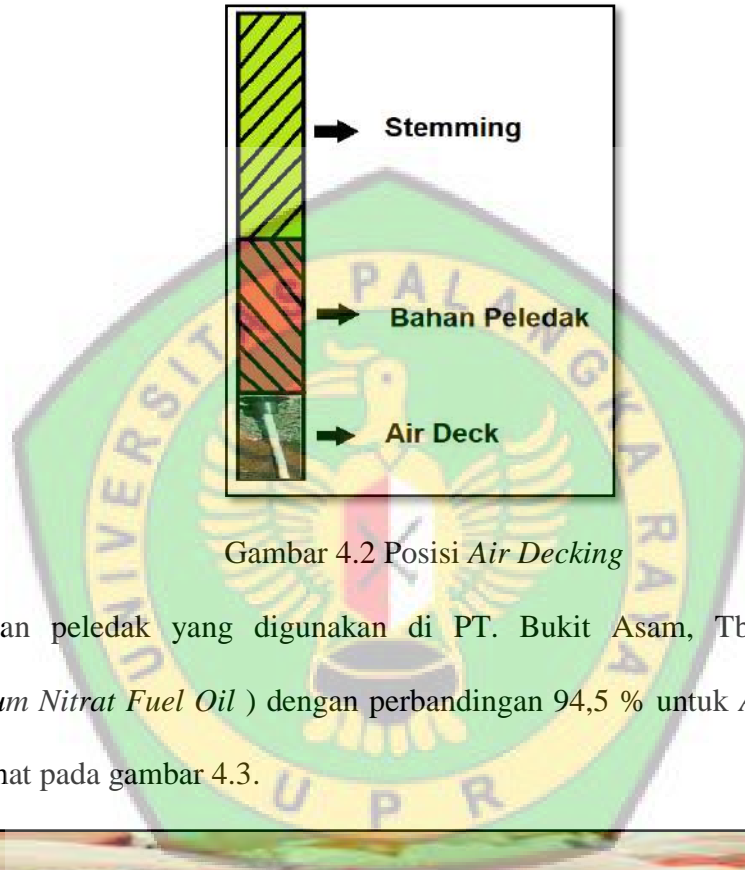
4.1.1.1 Kegiatan Peledakan Pada Lapisan *Interburden*

Kegiatan peledakan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam dilakukan pada lapisan B2-C yang dimana lapisan tersebut merupakan lapisan *interburden*. Peledakan yang dilakukan yaitu peledakan konvensional dan peledakan *air decking*. Batuan yang ada pada lapisan *interburden* adalah batupasir (*sandstone*). (dapat dilihat pada gambar 4.1)



Gambar 4.1 Litologi Pit 2 Banko Barat

Posisi *air deck* yang digunakan pada peledakan di lapisan *interburden* ini adalah *bottom air deck*, yaitu posisi *air deck* berada didasar dari lubang ledak atau dibawah bahan peledak dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Posisi Air Decking

Bahan peledak yang digunakan di PT. Bukit Asam, Tbk adalah *ANFO* (*Ammonium Nitrat Fuel Oil*) dengan perbandingan 94,5 % untuk *AN* dan 5,5 % *FO* dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Bahan Peledak ANFO

Faktor lain yang perlu diperhatikan pada lapisan *interburden* ini adalah karakteristik massa batuan pada lapisan tersebut. Karakteristik massa batuan pada lapisan *interburden* yang harus perlu diperhatikan pada peledakan *air decking* adalah sifat fisik, sifat mekanik dan karakteristik massa batuan berdasarkan RMR :

1. Sifat Fisik Batuan

Sifat fisik batuan yang dipakai untuk membuat suatu rancangan peledakan berat jenis batuan yang akan diledakkan. Data yang diperoleh dari Geologi PT. Bukit Asam, jenis batuan pada lapisan *interburden* adalah *sandstone* dengan nilai densitas 2,21 kg/m³.

2. Sifat Mekanik Batuan

Sifat mekanik batuan yang perlu diketahui adalah kuat tekan uniaksial (*uniaxial compressive strength / UCS*). Data yang diperoleh dari Departemen Geologi PT. Bukit Asam dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hubungan Kekerasan Batuan dan RQD

Lapisan Batuan	Densitas Batuan	UCS (MPa)
<i>Interburden</i> (B2C)	2,21	2,81

3. Karakteristik Massa Batuan Berdasarkan *Rock Mass Ratings* (RMR)

Pembobotan Massa batuan 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 perhitungan fragmentasi batuan teori Kuzram dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pembobotan Massa Batuan Pit 2 Banko Barat

1. <i>Rock Mass Description (RMD)</i>	<i>Rating</i>
<i>Blocky</i>	20
2. <i>Joint Plane Spacing (JPS)</i>	<i>Rating</i>
<i>Intermediate (0,1-1,0 m)</i>	20
3. <i>Joint Plane Orientation (JPO)</i>	<i>Rating</i>
Dip into face	40
4. <i>Spesific Gravity Influence (SGI)</i>	<i>SGI = 5,25</i>
5. <i>Hardness (H)</i>	5,25

4.1.1.2 Geometri dan pola peledakan

Geometri peledakan merupakan desain awal sebelum melakukan peledakan yang meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, *powder column*, *subdrilling*, diameter lubang ledak dan juga kedalaman lubang. 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. *Air deck* yang digunakan dilapangan berupa pipa paralon dengan ditambah corong diujungnya dapat dilihat pada gambar 4.4.



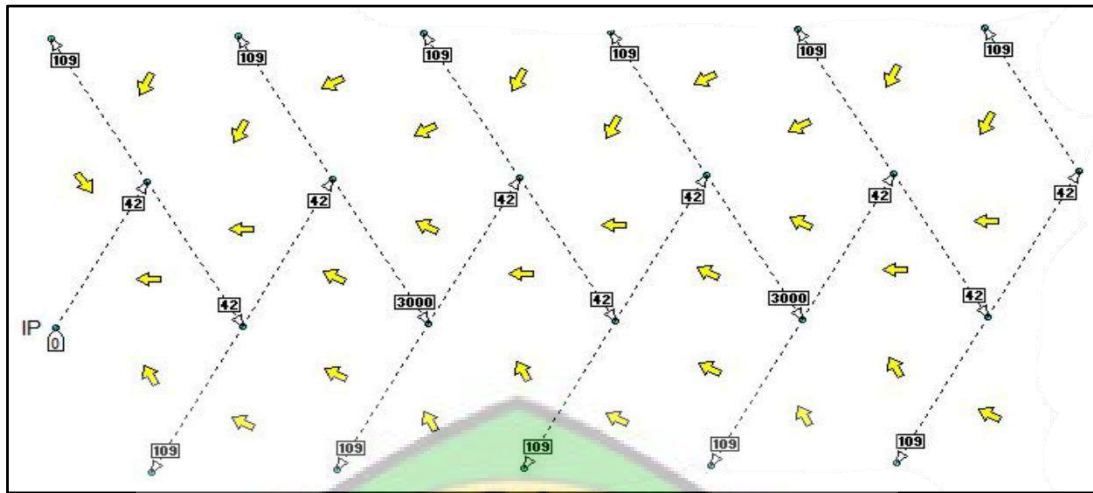
Gambar 4.4 Stemdeck

Pada dasarnya, geometri peledakan *air deck* sama saja dengan geometri peledakan konvensional, hanya saja pada peledakan *air decking* ditambahkan 1 meter ruang kosong menggunakan *air decking*. Rencana geometri yang digunakan pada peledakan konvensional adalah *burden* 8 m, *spasi* 9 m dan kedalaman 8 m tetapi pada peledakan *air decking* geometrinya dikurangi 1 m sehingga rencana geometri peledakan *air decking* menjadi *burden* 7 m, *spasi* 8 m dan kedalaman 7m. Sehingga panjang kolom isian bahan peledak pada peledakan *air decking* berkurang karena penggunaan *air deck*. Penggunaan *air deck* ini bisa dilakukan pada lubang kering dan lubang basah (menggunakan plastik *liner*) dan pada kedalaman > 5 meter. Berikut adalah tabel data geometri peledakan aktual untuk peledakan *air decking* selama dilapangan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Geometri Peledakan *Air Deck*

No	Tanggal	B (meter)	S (meter)	H (meter)	PC (meter)	<i>Air Deck</i> (meter)	T (meter)	Jumlah Lubang
1	8 Maret 2019	6,4	7,2	6,6	2,1	1	3,5	55
2	9 Maret 2019	6,4	6,3	6,6	1,8	1	3,8	60
3	11 Maret 2019	6,6	7,4	6,75	1,95	1	3,8	65
4	12 Maret 2019	6,4	7,4	6,4	1,8	1	3,6	45
5	13 Maret 2019	6,3	7	6,5	2	1	3,5	55
6	15 Maret 2019	7,6	8,2	6,8	1,9	1	3,9	50
7	18 Maret 2019	7,7	8,4	7	1,9	1	4,1	50
8	19 Maret 2019	7,6	8,6	6,7	2	1	3,7	60
9	21 Maret 2019	6,5	7,4	7,1	1,9	1	4,2	80
10	22 Maret 2019	6,4	6,4	6,4	1,9	1	3,6	85
Jumlah		67,9	74,3	66,85	19,15	10	37,7	605
Rata-rata		6,79	7,43	6,69	1,92	1	3,77	60,5

Pola peledakan yang digunakan selama penelitian di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam pada peledakan *bottom air deck* pada umumnya menggunakan pola *box-cut* dan menggunakan pola pemboran *staggerd pattern* atau lubang peledakan zig-zag. Pola peledakan ini paling sering digunakan pada peledakan *air decking* di PT. Bukit Asam karena sesuai dengan kondisi lapangan. Kondisi lapangan saat peledakan selama penelitian berada pada lapisan *interburden* dimana lokasinya sedang ada kegiatan penambangan yang berlangsung. Sehingga pola peledakan *box-cut* digunakan karena merupakan pola peledakan yang arah runtuhannya kedepan dan membentuk kotak dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pola Peledakan *Box Cut*

4.1.2 Analisis Penerapan Metode *Bottom Air Deck* Terhadap Kegiatan Peledakan

Analisis pengaruh penerapan metode air decking pada kegiatan peledakan pada lapisan *interburden* adalah sebagai berikut :

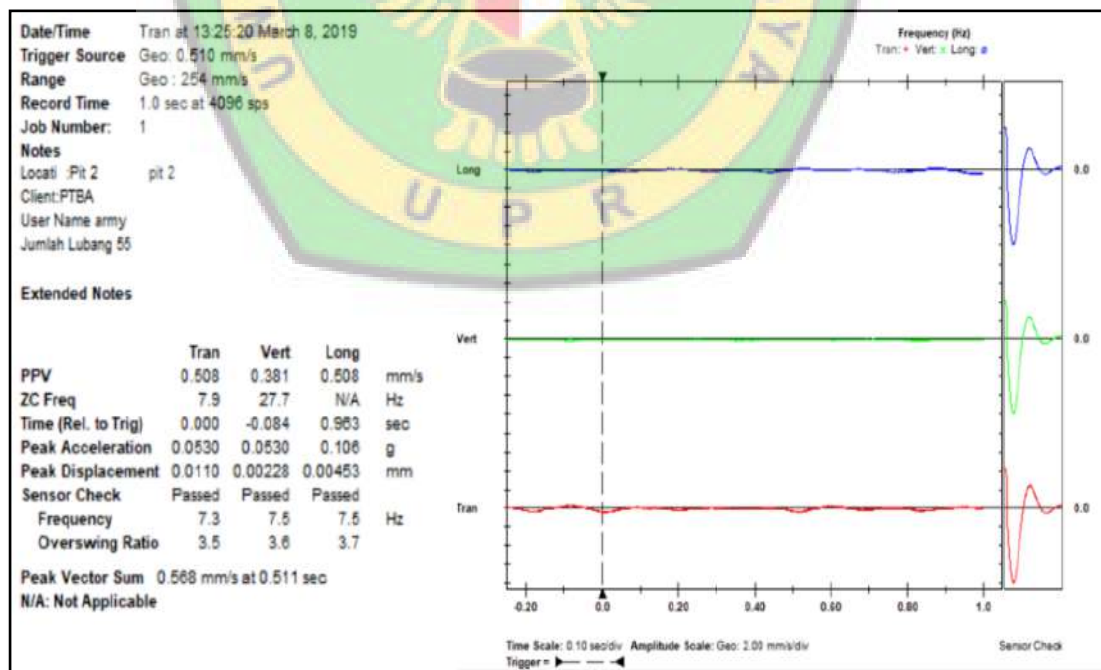
4.1.2.1 Getaran Hasil Peledakan *Air Decking* berdasarkan Teori *Scaled Distance*

Pengukuran hasil getaran peledakan *air decking* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar energi yang dihasilkan dengan menggunakan metode peledakan *air decking*. Teori yang digunakan yaitu *scaled distance* yang dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak. Dalam pemantauan getaran peledakan di PT. Bukit Asam, Tbk digunakan alat *Blastmate III* (dapat dilihat pada gambar 4.6).



Gambar 4.6 Blastmate III

Contoh hasil pengukuran getaran pada kegiatan peledakan di Pit 2 Banko Barat pada tanggal 8 Maret 2019 dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Pengukuran Getaran 8 Maret 2019

Scaled Distance (SD) dapat diartikan sebagai perbandingan jarak dengan nilai akar isian bahan peledak per waktu tunda dengan satuannya adalah m/kg. Adapun hasil pengukuran getaran tanah dan nilai *Scaled Distance* (SD) dari peledakan dengan menggunakan metode *bottom air deck* di PT. Bukit Asam, Tbk Pit 2 Banko Barat selama penelitian dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Getaran Tanah

Tanggal Peledakan	Pola Peledakan	Jarak (m)	Isian/Lubang (kg)	Data (mm/s)				<i>Scaled Distance</i> (m/kg)
				<i>Trans</i>	<i>Vert</i>	<i>Long</i>	<i>PVS</i>	
8 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1400	45	0,508	0,381	0,508	0,568	208,7
9 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1400	45	0,508	0,381	0,508	0,568	208,7
11 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1350	45	0,635	0,381	0,635	0,696	201,2
12 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1400	45	0,508	0,381	0,381	0,635	208,7
13 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1350	50	0,254	0,254	0,508	0,539	190,9
15 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1350	50	0,254	0,254	0,598	0,539	190,9
18 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1650	50	0,254	0,508	0,127	0,524	233,3
19 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1400	50	0,508	0,381	0,381	0,635	197,9
21 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1350	45	0,254	0,254	0,598	0,539	201,2
22 Maret 2019	<i>Box Cut</i>	1658	45	0,254	0,508	0,127	0,524	246,0

Hubungan *PVS* dan *Scaled Distance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $Y = aX^b$ atau $\text{Log } Y = \text{Log } a + b \text{ Log } X$. $\text{Log } a$ merupakan nilai dari $\text{log } Scaled Distance$ dan $\text{log } X$ merupakan nilai dari $\text{log } PVS$. Tabel perhitungan nilai *PVS* dan *Scaled Distance* untuk menghitung persamaan *PVS* selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5 .

Tabel 4.5 Perhitungan Rumus Hubungan *PVS* dan *SD*

No	<i>PVS</i> (mm/s)	<i>Scaled Distance</i> (m/kg ^{-0,5})	X	Y	X.Y	Log ² X
			Log SD	Log PVS		
1	0,568	208,7	2,31	-0,24	-0,55	5,33
2	0,568	208,7	2,31	-0,24	-0,55	5,33
3	0,696	201,2	2,30	-0,15	-0,34	5,29
4	0,635	208,7	2,31	-0,19	-0,43	5,33
5	0,539	190,9	2,28	-0,26	-0,59	5,20
6	0,539	190,9	2,28	-0,26	-0,59	5,20
7	0,524	233,3	2,36	-0,28	-0,66	5,56
8	0,635	197,9	2,29	-0,19	-0,43	5,24
9	0,539	201,2	2,30	-0,26	-0,64	5,30
10	0,524	246,0	2,39	-0,28	-0,67	5,71
Jumlah			23,13	-2,35	-5,44	48,20

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

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

$$b = \frac{10(-5,44) - (23,13)(-2,35)}{10(48,20) - (23,13)^2}$$

$$b = -0,0445$$

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

$$\text{Log } a = -\frac{-2,35}{10} - (-0,0445) \frac{23,13}{10}$$

$$\text{Log } a = -0,1320715$$

$$\text{Antilog } a = 0,7377, \text{ maka } a = 0,7377$$

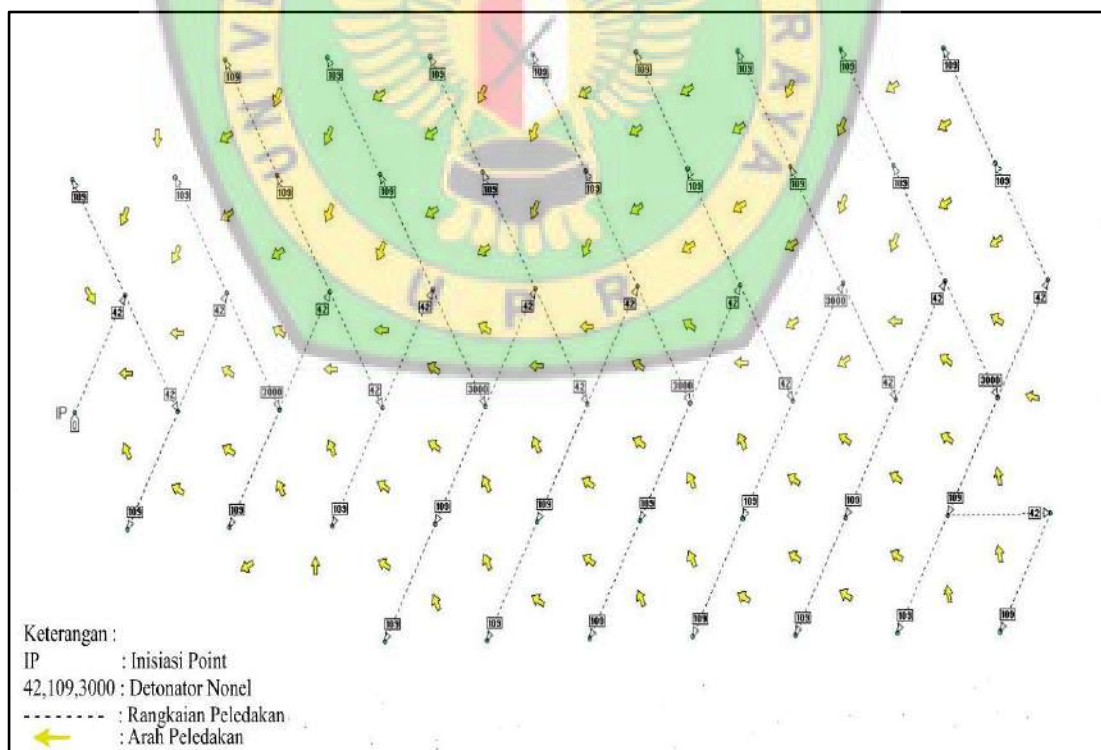
Sehingga didapatkan persamaan :

$$Y = 0,7377 X^{(-0,0445)}$$

$$PVS = 0,7377 SD^{0,0445}$$

Dari persamaan diatas maka didapatkan nilai koefisien $k = 0,7377$ dan $e = 0,0445$.

Adapun arah peledakan *air decking* dengan pola peledakan *box-cut* mengarah ke tengah dari rancangan peledakan. IP diletakkan menjauhi dari arah pemukiman untuk mengurangi dampak dari peledakan. Berikut ini dapat kita lihat salah satu contoh arah dari peledakan dengan pola *box-cut* menggunakan metode *air decking* dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Arah Peledakan 9 Maret 2019

4.1.2.2 Powder Factor Peledakan Air Decking

Powder factor merupakan salah satu yang mempengaruhi hasil dari peledakan. Nilai *powder factor* akan menjadi evaluasi untuk hasil fragmentasi batuan yang dihasilkan. Nilai *powder factor* maksimal yang sudah direncanakan pada peledakan *air decking* di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah $0,12 \text{ kg/m}^3$. Karena batuan yang diledakkan adalah batupasir dengan nilai *UCS* 2,81 MPa maka nilai *powder factor* yang disarankan adalah diantara $0,15 - 0,25 \text{ kg/m}^3$.

Nilai *powder factor* yang dihasilkan dari peledakan peledakan *air decking* dapat dilihat dari tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Nilai *Powder Factor* Peledakan *Air Decking* Aktual

NO	Tanggal	Jumlah Lubang	Jumlah Bahan Peledak (kg)	Volume (m^3)	<i>PF</i> (kg/m^3)
1	8 Maret 2019	55	2629.06	16,727,04	0.16
2	9 Maret 2019	60	2868.06	15.966,72	0.18
3	11 Maret 2019	65	3107.07	21.428.55	0.14
4	12 Maret 2019	45	2151.05	13.639,68	0.16
5	13 Maret 2019	55	2629.06	15.765,75	0.17
6	15 Maret 2019	50	2390,05	21.188,80	0,11
7	18 Maret 2019	50	2390,05	22.638	0,11
8	19 Maret 2019	60	2868,06	26.274,72	0,11
9	21 Maret 2019	80	3824.08	27.320,8	0.14
10	22 Maret 2019	85	4063.09	22.630,4	0.18
Jumlah		605	28.919,63	203.232,3	1.46
Rata-rata		60,5	2.891,96	20.323,23	0.15

4.1.2.3 Fragmentasi Peledakan *Air Decking*

Ukuran fragmentasi peledakan sangat berpengaruh terhadap nilai produksi peledakan oleh karena itu ukuran maksimal batuan (*boulder*) diharapkan dari hasil peledakan hanya 15% dari hasil peledakan. Perhitungan fragmentasi peledakan dilakukan dengan metode teori Kuzram. PT.Bukit Asam,Tbk sendiri menetapkan ukuran maksimal batuan (*boulder*) yaitu > 200 cm dengan contoh fragmentasi dilapangan yang dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Fragmentasi Batuan

Berikut ini merupakan hasil perhitungan fragmentasi hasil peledakan *air decking* menggunakan teori Kuzram dapat dilihat pada tabel 4.7 dan grafik untuk fragmentasi lolos ukuran 200 cm dapat dilihat pada gambar 4.10.

Tabel 4.7 Distribusi Fragmentasi Peledakan *Air Decking* Menggunakan Teori Kuzram

Ukuran (cm)	Persentase Lolos									
	8/3/19	9/3/19	11/3/19	12/3/19	13/3/19	15/3/19	18/3/19	19/3/19	21/3/19	22/3/19
10	5.81	3.70	4.19	5.57	7.97	2,8	2,51	3,39	3.52	4.04
20	11.28	7.27	8.20	10.83	15.31	5,51	4,96	6,67	6.91	7.92
30	16.44	10.70	12.04	15.80	22.06	8,15	7,35	9,84	10.18	11.64
40	21.30	14.01	15.72	20.50	28.27	10,7	9,68	12,9	13.34	15.21
50	25.87	17.19	19.25	24.93	33.99	13,2	12	15,9	16.39	18.64
60	30.18	20.26	22.63	29.11	39.25	15,6	14,2	18,7	19.33	21.93
70	34.24	23.21	25.87	33.06	44.09	18	16,3	21,5	22.16	25.08
80	38.06	26.05	28.97	36.79	48.55	20,3	18,4	24,1	24.90	28.11
90	41.66	28.79	31.94	40.31	52.65	22,5	20,5	26,7	27.54	31.01
100	45.05	31.43	34.79	43.64	56.42	24,7	22,5	29,2	30.09	33.80
200	69,8	52,98	57,48	68,24	81,01	43,3	39,9	49,9	51,12	56,18

Gambar 4.10 Grafik Fragmentasi Peledakan *Air Decking* Berdasarkan Teori Kuzram

4.1.2.4 Rancangan Geometri Peledakan *Air Decking* Dengan Teori C.J Konya

Diameter lubang ledak = 200mm / 7,785 ft

1. Data Sifat Fisik Batuan :

-Berat Jenis Batupasir (SGr) = 2,21

2. Data Teknis Bahan Peledak :

- Jenis Bahan Peledak = ANFO

- Berat Jenis Bahan Peledak (SGe) = 0,85

- *Relative Bulk Strength* (Stv) = 100

- VOD = 3.500m/s

3. Data Geometri Lubang Bor :

- Diameter Lubang Bor (De) = 7,785 inchi = 200 mm

- Kemiringan Lubang Bor = 90 derajat

- Tinggi Lereng Lokasi = 7 meter

4. Faktor Koreksi :

- Faktor Koreksi Terhadap Jumlah baris = 0,90

- Faktor Koreksi Terhadap Deposisi Batuan = 0,95

- Faktor Koreksi Terhadap Struktur Geologi = 0,95

1. *Burden*

$$a. B_1 = 3,15 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33} \text{ft atau } B_1 = 0,96012 \times De \times \left(\frac{SGe}{SGr}\right)^{0,33} \text{m}$$

$$B_1 = 0,96012 \times 7,785 \times \left(\frac{0,85}{2,21}\right)^{0,33}$$

$$= 7,4745 \times 0,7295$$

$$= 5,45 \text{ m}$$

$$\text{b. } B_2 = \left[\frac{2SGe}{SGr} + 1,5 \right] \times De \text{ ft atau } B_2 = \left[\frac{2SGe}{SGr} + 1,5 \right] \times 0,3048 \text{ De m}$$

$$B_2 = \left[\frac{2(0,85)}{2,21} + 1,5 \right] \times 0,3048 (7,785)$$

$$= 2,2737 \times 2,3728$$

$$= 5,39 \text{ m}$$

$$\text{c. } B_3 = 0,67 \times De \times \left[\frac{Stv}{SGr} \right]^{0,33} \text{ ft atau } B_3 = 0,2042 \times De \times \left[\frac{Stv}{SGr} \right]^{0,33} \text{ m}$$

$$B_3 = 0,2042 \times 7,785 \times \left[\frac{100}{2,21} \right]^{0,33}$$

$$= 1,5602 \times 3,5184$$

$$= 5,48 \text{ m}$$

$$\text{Sehingga didapatkan nilai } \textit{burden} \text{ rata-rata adalah} = \left[\frac{B_1+B_2+B_3}{3} \right] \text{ m}$$

$$= \left[\frac{5,45+5,39+5,48}{3} \right] \text{ m}$$

$$= 5,44 \text{ m}$$

$$\textit{Burden} \text{ terkoreksi adalah} = \textit{Burden} \text{ rata-rata} \times Kr \times Kd \times Ks$$

$$= 5,44 \text{ m} \times 0,90 \times 0,95 \times 0,95$$

$$= 4,4 \text{ m}$$

2. Spasi

Tinggi jenjang dilokasi peledakan adalah 7 m dengan pola peledakan menggunakan *delay*, maka spasi dihitung sebagai berikut :

$$S = (L + 7B) / 8$$

$$= (7 + 7 \times 4,4) / 8$$

$$= 4,7 \text{ m}$$

3. *Stemming*

Besarnya nilai *stemming* dihitung berdasarkan persamaan Konya :

$$\begin{aligned} T &= 0,7 \times B \\ &= 0,7 \times 4,4 \\ &= 3,08 \text{ m} = 3 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Kedalaman Lubang Ledak

Nilai kedalaman lubang ledak berdasarkan Konya :

$$\begin{aligned} H &= \left[\frac{L+J}{\sin a} \right] \text{ m} \\ &= \left[\frac{7+0}{\sin 90} \right] \text{ m} \\ &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Panjang Kolom Isian

Nilai panjang kolom isian berdasarkan Konya :

$$PC = (H-T) \text{ m}$$

$$PC = 7 - 3$$

$$PC = 4 \text{ m}$$

Karena peledakan menggunakan *air deck* maka untuk panjang kolom isian dikurangi 1 meter menjadi 3 meter

$$PC = 3 \text{ m}$$

6. *Loading density*

Jumlah bahan peledak yang digunakan berdasarkan Konya adalah :

$$de = 0,34 \times SGe \times De^2$$

$$de = 0,34 \times 0,85 \times 7,785^2$$

$$de = 17,5 \text{ kg/m}$$

Sehingga jumlah bahan peledak dalam satu lubang ledak adalah

$$E = PC \times de$$

$$E = 3 \times 17,5 \text{ kg/m}$$

$$E = 52,5 \text{ kg/lubang}$$

7. Powder Factor

$$PF = \frac{E}{V} = \frac{de \times PC}{B \times S \times H} \times n$$

Jika jumlah lubang yang diledakkan adalah 52 lubang maka nilai *Powder Factor* nya adalah :

$$PF = \frac{17,5 \times 3 \times 52}{4,4 \times 4,7 \times 7 \times 52}$$

$$PF = \frac{2730}{7527,52}$$

$$PF = 0,36 \text{ kg/m}^3$$

Maka Distribusi Fragmentasi Berdasarkan Teori C.J Konya dapat dihitung sebagai

berikut :

$$\text{Burden (B)} = 4,4 \text{ m}$$

$$\text{Spasi (S)} = 4,7 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman Lubang (H)} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Lubang Ledak} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Powder Column} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah Handak / Lubang} = 17,5 \text{ kg} \times 3 = 52,5 \text{ kg/lubang}$$

$$\text{Volume Batuan/ lubang} = 144,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Standar Deviasi Lubang Bor (W)} = 0$$

$$\text{Nisbah Spasi Burden (A)} = 1,07$$

$$\text{Blastibility Indeks} = 0,5 \times (\text{RMD} + \text{JPS} + \text{JPO} + \text{SGI} + \text{H})$$

$$= 0,5 \times (20 + 20 + 40 + 5,25 + 5,25)$$

$$= 45,25$$

$$\text{Faktor Batuan (A)} = \text{BI} \times 0,12$$

$$= 45,25 \times 0,12$$

$$= 5,43$$

$$\text{Ukuran Fragmentasi rata-rata (X)} = A \times \left[\frac{V}{Q}\right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times (E/115)^{-0,63}$$

$$= 1,06 \times \left[\frac{144,76}{52,5}\right]^{0,8} \times 52,5^{0,17} \times (100/115)^{-0,63}$$

$$= 23,25 \text{ cm}$$

$$\text{Indeks Keseragaman (n)} = \left(2,2 - 14 \frac{B}{De}\right) \times \left(\frac{1+A}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\frac{PC}{L}\right)$$

$$= \left(2,2 - 14 \frac{4,4}{200}\right) \times \left(\frac{1+1,07}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{0}{4,4}\right) \times \left(\frac{3}{7}\right)$$

$$= 0,84$$

$$\text{Karakteristik Ukuran (Xc)} = \frac{X}{(0,693)^{1/n}}$$

$$= \frac{17,19}{(0,693)^{1/0,84}}$$

$$= 40,01$$

Perhitungan persentase bongkah adalah sebagai berikut :

$$R_x = e^{-(X/X_c)^n}, \text{ dimana nilai koefisien } e \text{ adalah } 2,72$$

Maka persentase distribusi batuan berdasarkan teori C.J Konya adalah adalah :

$$R_{20} = 2,72^{-\left(\frac{20}{20,29}\right)^{1,22}}$$

$$\text{Tertahan} = 65,76 \%$$

$$\text{Lolos} = 34,24 \%$$

$$R_{60} = 2,72^{-\left(\frac{60}{20,29}\right)^{1,22}}$$

$$\text{Tertahan} = 28,44 \%$$

$$\text{Lolos} = 71,56 \%$$

$$R_{80} = 2,72^{-\left(\frac{80}{20,29}\right)^{1,22}}$$

$$\text{Tertahan} = 18,7\%$$

$$\text{Lolos} = 81,3 \%$$

$$R_{100} = 2,72^{-\left(\frac{100}{20,29}\right)^{1,22}}$$

$$\text{Tertahan} = 12,3 \%$$

$$\text{Lolos} = 87,7 \%$$

$$R_{200} = 2,72^{-\left(\frac{200}{20,29}\right)^{1,22}}$$

$$\text{Tertahan} = 1,51 \%$$

$$\text{Lolos} = 98,49 \%$$



Rancangan Geometri Peledakan *Air Decking* dirancang berdasarkan kondisi dan target produksi di Pit 2 Banko Barat PT Bukit Asam yang dapat dilihat sebagai berikut:

- Target produksi PT. Bukit Asam dalam 1 bulan = 200.000 m³
- Target jumlah peledakan dalam 1 bulan = 10 kali peledakan
- Jadi target produksi per peledakan dalam 1 bulan = 20.000 m³
- Jumlah bahan peledak maksimal berdasarkan unit MMU = 10.000 kg

Sehingga simulasi rancangan untuk memenuhi target di PT. Bukit Asam, Tbk dapat dilihat pada tabel 4.8 :

Tabel 4.8 Simulasi Rancangan Geometri Peledakan *Air Decking*

	Geometri Aktual	Geometri Konya	Simulasi Rancangan 1
B	7 m	4,4 m	4,4 m
S	8 m	4,7 m	4,7 m
H	7 m	7 m	7 m
T	4 m	3 m	4 m
PC	2 m	3 m	2 m
<i>Air Deck</i>	1 m	1 m	1 m
Jumlah handak/ lubang	45 kg	52,5 kg	35 kg
Jumlah lubang	52	138	138
Jumlah handak/ peledakan	2.340 kg	7.245 kg	4.830 kg
Volume	20.000 m ³	20.000 m ³	20.000 m ³
<i>Powder Factor</i>	0,11 kg/m ³	0,36 kg/m ³	0,24 kg/m ³

Maka rancangan yang bisa digunakan untuk peledakan di Pit 2 Banko Barat PT.Bukit Asam, Tbk adalah Simulasi Rancangan 1, sehingga dengan berubahnya geometri peledakan maka nilai distribusi fragmentasi juga akan berubah sesuai dengan geometri Simulasi Rancangan 1 menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Ukuran Fragmentasi rata-rata (X)} &= A \times \left[\frac{V}{Q}\right]^{0,8} \times Q^{0,17} \times (E/115)^{-0,63} \\ &= 1,17 \times \left[\frac{144,76}{35}\right]^{0,8} \times 35^{0,17} \times (100/115)^{-0,63} \\ &= 32,16 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Indeks Keseragaman (n)} &= \left(2,2 - 14 \frac{B}{De}\right) \times \left(\frac{1+A}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{W}{B}\right) \times \left(\frac{PC}{L}\right) \\ &= \left(2,2 - 14 \frac{4,4}{200}\right) \times \left(\frac{1+1,07}{2}\right)^{0,5} \times \left(1 - \frac{0}{4,4}\right) \times \left(\frac{3}{6}\right) \\ &= 0,56 \end{aligned}$$

$$\text{Karakteristik Ukuran (Xc)} = \frac{X}{(0,693)^{1/n}} = \frac{32,16}{(0,693)^{1/0,56}} = 83,02$$

Sehingga didapatkan distribusi persentase batuan lolos ayakan berdasarkan Simulasi Rancangan 1 yang dapat dilihat pada tabel 4.9 :

Tabel 4.9 Persentasi Batuan Lolos Ayakan Berdasarkan Simulasi Rancangan 1

Ukuran batuan (cm)	Rx	
	Tertahan (%)	Lolos (%)
20	87,4	12,6
60	66,76	33,24
80	58,35	41,65
100	35,25	64,75
200	19,75	80,25

Kemudian dilakukan perhitungan nilai *SD* dan *PVS* Simulasi Rancangan 1 berdasarkan nilai *PVS* aktual yaitu $PVS = 0,7377 SD^{0,0445}$, yang dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Nilai *Scaled Distance* dan *PVS* Berdasarkan Simulasi Rancangan 1

NO	Jarak (m)	Isian/ Lubang (kg)	<i>Scaled Distance</i> (m/kg)	<i>PVS</i> (mm/s)
1	1400	35	236,6	0,94
2	1400	35	236,6	0,94
3	1350	35	228,2	0,94
4	1400	35	236,6	0,94
5	1350	35	228,2	0,94
6	1350	35	228,2	0,94
7	1650	35	278,9	0,95
8	1400	35	236,6	0,94
9	1350	35	228,2	0,94
10	1650	35	278,9	0,95

4.2 Pembahasan

4.2.1 Geometri dan Pola Peledakan

Peledakan dengan metode *air decking* yang dilakukan di pit 2 PT. Bukit Asam dilakukan pada lapisan *interburden*. Analisis pada peledakan metode *air decking* dilakukan untuk mengetahui apakah peledakan dengan metode ini efektif digunakan pada lapisan *interburden* yang terdapat batupasir (*sandstone*) dengan densitas 2,21 ton/m³. Densitas atau massa jenis merupakan perbandingan antara massa dan volume

dari batuan. Dengan pengurangan bahan peledak pada peledakan *air decking* nilai *powder factor* akan mengalami penurunan sehingga harus diperhatikan apakah peledakan dapat menghancurkan batuan yang ada pada lapisan *interburden* dan menghasilkan fragmentasi batuan yang baik.

Posisi *bottom deck* yang digunakan pada peledakan *air decking* dilapisan *interburden* ini juga menjadi faktor penentu keberhasilan peledakan. Posisi *bottom deck* digunakan karena memberikan jarak apabila adanya air pada dasar lubang ledak, sehingga bahan peledak (ANFO) tidak basah terkena air. Karena jika menggunakan plastik *liner* akan menambah biaya dari peledakan. Faktor lain yang juga perlu diperhatikan adalah nilai faktor batuan yang terdapat pada lapisan *interburden* yaitu *rock mass description* (RMD), *joint plane spacing* (JPS), *joint plane orientation* (JPO), *specific gravity influence* (SGI) dan kekerasan batuan. Nilai faktor batuan ini akan menjadi acuan dalam menentukan geometri dan pola peledakan yang digunakan pada lapisan *interburden*.

Geometri peledakan *air decking* pada dasarnya sama dengan geometri peledakan konvensional, yang membedakan adalah pada peledakan *air decking* panjang kolom isian menjadi lebih sedikit karena adanya 1 meter ruang kosong pada lubang ledak. Posisi *air deck* yang di digunakan selama penelitian adalah *bottom air deck* (posisi dibawah pada lubang ledak). Peledakan *air decking* ini juga bisa digunakan pada lubang kering maupun lubang ledak basah. Tetapi apabila lubang ledak yang basah bahan peledak dimasukkan terlebih dahulu ke dalam plastik *liner* agar bahan peledak tidak bercampur dengan air.

1. *Burden*

Kegiatan peledakan *air decking* di Pit 2 Banko Barat menggunakan *burden* 7 meter. Sedangkan nilai *burden* rata-rata yang didapatkan selama kegiatan peledakan adalah 6,79 m. Nilai *burden* peledakan *air decking* lebih kecil 1 meter dari peledakan konvensional. Hal ini supaya hasil fragmentasi dari peledakan *air decking* tidak ada *boulder* karena nilai *burden* yang terlalu panjang sedangkan panjang isian bahan peledak yang sudah dikurangi dengan *air deck*.

2. Spasi

Besar nilai spasi yang didesain untuk digunakan pada peledakan *air decking* di Pit 2 Banko Barat yaitu 8 meter. Tetapi, dari hasil penelitian di lapangan didapatkan nilai rata-rata spasi adalah 7,43 meter selama kegiatan peledakan. Nilai spasi pada peledakan *air decking* juga dikurangi 1 meter untuk menyesuaikan dengan *burden* yang juga panjangnya dikurangi. Spasi yang lebih kecil dari desain awal akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Begitu juga jika spasi lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkah (*boulder*) dan tonjolan (*toe*) di antara 2 lubang ledak setelah peledakan.

3. Kedalaman Lubang

Kedalaman lubang yang didapatkan selama penelitian di lapangan adalah 6,4 – 6,8 meter dengan rata-rata 6,59 meter selama 10 kali peledakan.

Kedalaman lubang ledak pada peledakan *air decking* sama saja dengan peledakan konvensional hanya aja ditambahkan 1 meter untuk *air deck*.

4. Panjang Kolom Isian (*Powder Column*)

Panjang kolom isian bahan peledak yang digunakan pada peledakan *air decking* di lapangan adalah 1,8 – 2,1 meter dengan rata-rata 1,92 meter. Panjang kolom isian lebih kecil dari peledakan konvensional, karena pada peledakan *air decking* panjang peledakan dikurangi 1 meter untuk tempat *air deck*. Panjang kolom isian bahan peledak ini juga akan mempengaruhi besarnya nilai *powder factor* peledakan. Besar kecilnya nilai *powder factor* akan mempengaruhi hasil fragmentasi peledakan. Sehingga dengan adanya *air deck* diharapkan peledakan tetap menghasilkan peledakan yang baik seperti pada peledakan konvensional.

5. *Stemming*

Stemming berguna untuk mencegah keluarnya gas beracun hasil dari peledakan dan untuk mengontrol terjadinya *flyrock* (batuan yang berterbangan dari hasil peledakan) dan *airblast*. *Stemming* yang digunakan adalah hasil dari *cutting* pemboran. Tetapi pada lubang yang basah *stemming* yang digunakan harus material yang lebih padat sehingga dapat menutup lubang ledak agar energi dapat tertahan dengan baik. *Stemming* yang diterapkan pada peledakan *air decking* adalah 4 meter dengan kedalaman lubang ledak 7 meter. Ukuran *stemming* ini sama dengan peledakan *air decking*. *Stemming* yang terlalu panjang dapat menyebabkan *boulder* karena energi peledakan yang tidak

mampu untuk meledakkan batuan yang di atasnya, sedangkan *stemming* yang terlalu pendek dapat menyebabkan terjadinya *flyrock* dan gas beracun.

Pola peledakan yang digunakan pada peledakan *air decking* dilapisan *interburden* ada pola *box-cut*. Pola ini merupakan pola peledakan yang arah runtuhnya ke depan dan membentuk kotak. Arah runtuh pada pola *box-cut* ini juga diharapkan dapat mengurangi adanya *fly rock*. Pola ini juga digunakan menyesuaikan dengan lokasi peledakan yang berada pada lapisan *interburden* dimana didekatnya banyak terdapat kegiatan penambangan dan jenjang hasil peledakan.

4.2.2 Analisis Penerapan Metode *Bottom Air Deck*

4.2.2.1 Getaran Hasil Peledakan Berdasarkan Teori *Scaled Distance*

Perhitungan getaran tanah pada bangunan dengan menggunakan rumus persamaan *Peak Velocity Sum* (PVS) teori *Scaled Distance* berdasarkan data aktual 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 digunakan karena dapat memprediksi nilai PVS pada *Scaled distance* tertentu yaitu untuk mendapatkan konstanta pada persamaan PVS dimana nilai PVS merupakan variabel terikat dan *Scaled distance* merupakan variabel bebas.

Pada penelitian di Pit 2 Banko Barat diperoleh sebanyak 10 data getaran tanah hasil peledakan dengan *air decking*. Pengukuran menggunakan alat *Blastmate III* buatan *Instantel* Kanada dan selanjutnya hasil getaran tanah yang telah direkam dapat dilihat lebih lengkap dengan menggunakan program *Blastware*. Pengukuran

getaran ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat ledakan yang dihasilkan pada saat peledakan dengan *air decking*. 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.

Jarak pengukuran getaran anatar lokasi peledakan dan lokasi pengukuran getaran bervariasi yaitu 1350 – 1650 m. Perhitungan jarak digunakan untuk mencari nilai *scaled distance* pada setiap pengukuran getaran.

Berdasarkan hasil pengukuran getaran di Pit 2 Banko Barat selama penelitian, getaran terkecil terjadi pada kegiatan peledakan tanggal 18 Maret 2019 dengan jarak pengukuran getaran 1650 m dari lokasi peledakan dan jumlah muatan bahan peledak per waktu tunda sebesar 45 kg, besarnya getaran tanah yang dihasilkan adalah 0,524 mm/s. Sedangkan getaran tanah terbesar terjadi pada kegiatan peledakan tanggal 11 Maret 2019 dengan jarak pengukuran getaran 1350 m dari lokasi peledakan dan jumlah muatan bahan peledak per waktu tunda sebesar 45 kg, besarnya getaran tanah yang dihasilkan adalah 0,696 mm/s. Dari nilai PVS aktual yang didapatkan selama penelitian dilapangan dapat dikatakan getaran hasil peledakan masih aman jika mengacu pada SNI 7571,2010.

4.2.2.2 *Powder Factor Peledakan Air Decking*

Powder factor merupakan nilai perbandingan antara jumlah bahan peledak yang digunakan dengan volume batuan yang akan diledakkan. Semakin besar volume batuan yang diledakkan maka semakin kecil nilai *powder factor* yang digunakan. Besarnya *powder factor* juga diperhitungkan berdasarkan densitas batuan dan kuat tekan batuan pada lapisan *interburden* yang merupakan batupasir. Sehingga diharapkan nilai *powder factor* pada peledakan *air decking* dapat menghancurkan batuan pada lapisan *interburden*. Nilai *powder factor* akan mempengaruhi seberapa kuat ledakan yang dihasilkan dan juga hasil distribusi fragmentasi hasil peledakan.

Pada umumnya nilai *powder factor* peledakan *air decking* akan lebih kecil dari peledakan konvensional. Hal ini disebabkan karena pengurangan jumlah bahan peledak pada peledakan *air decking* yaitu sepanjang 1 meter. Namun pengurangan bahan peledak ini dengan digantikannya dengan *air decking* diharapkan peledakan dengan *air decking* dapat menghasilkan daya ledak yang baik seperti peledakan konvensional. *Powder factor* maksimal yang dirancang di Pit 2 Banko Barat untuk peledakan *air decking* adalah $0,12 \text{ kg/m}^3$. Bahan peledak yang digunakan pada saat peledakan pada lapisan *Interburden* di Pit 2 Banko Barat adalah *Amonium Nitrat Fuel Oil* (ANFO) dengan perbandingan 94,5 % *Amonium Nitrat* dan 5,45 % *Fuel Oil*.

Nilai *powder factor* aktual yang didapatkan pada peledakan *air decking* selama penelitian berkisar antara $0,11 - 0,18 \text{ kg/m}^3$ dengan rata - rata $0,15 \text{ kg/m}^3$ sebanyak 10 kali peledakan.

Powder factor yang terlalu besar juga dapat mengakibatkan terjadinya *ground vibration* yang terlalu besar dan kemungkinan adanya *fly rock* karena jumlah bahan peledak yang digunakan juga banyak. Sehingga dengan penerapan metode *air decking* ini dapat mengurangi getaran dan mengurangi kemungkinan adanya *fly rock*. Dengan berkurangnya nilai *powder factor* pada peledakan *air decking* diharapkan peledakan tetap menghasilkan ukuran fragmentasi yang baik agar penggalian material ke alat muat juga tetap efektif dan peledakan dapat dikatakan baik.

4.2.2.3 Fragmentasi Hasil Peledakan *Air Decking*

Fragmentasi hasil peledakan merupakan salah satu petunjuk untuk dapat mengetahui keberhasilan suatu peledakan selain nilai *powder factor*. Karena apabila dalam suatu peledakan, *powder factor* tercapai tetapi tidak menghasilkan ukuran fragmentasi yang diinginkan maka peledakan tersebut belum dikatakan berhasil, karena belum bisa memecahkan batuan dengan ukuran yang diinginkan. Ukuran fragmentasi yang baik pada peledakan adalah $\frac{1}{3}$ dari ukuran *bucket* alat muat. Dimana pada PT. Bukit Asam, Tbk alat muat yang digunakan adalah *Power Shovel* Komatsu PC-3000 dan menerapkan maksimal ukuran fragmentasi batuan hasil peledakan adalah 200 cm, lebih dari 200 cm sudah dikatakan *boulder*.

Pada tabel 4.7 terdapat hasil persentase lolos fragmentasi menurut metode Kuzram pada peledakan *air decking* sesuai dengan geometri aktual dan *powder factor* aktual dilapangan. Perhitungan fragmentasi batuan dengan teori Kuzram dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu nilai dari faktor batuan yang terdapat pada lapisan *interburden* Pit 2 Banko Barat. Hasil dari perhitungan metode Kuzram pada

peledakan *air decking* dengan 10 kali peledakan untuk fragmentasi lolos ukuran 200 cm adalah 69,80%, 52,98%, 57,48%, 68,24%, 81,01%, 43,3%, 39,9%, 49,9%, 51,12%, 56,18% dengan nilai rata-rata 56,99%.

Dari hasil perhitungan metode kuzram untuk fragmentasi pada peledakan *air decking* ukuran *boulder* sebesar 43,01%. Sedangkan diperusahaan ditetapkan batas persentase batuan lolos untuk ukuran 200 cm adalah 80%. Sehingga masih dibutuhkan sekitar 23,01 % untuk mencapai target persentase batuan lolos tersebut.

4.2.2.4 Rancangan Geometri Peledakan *Air Decking* Berdasarkan Teori C.J Konya

Dari hasil perhitungan berdasarkan teori C.J Konya dengan Simulasi Rancangan 1 didapatkan geometri peledakan yang berbeda dengan geometri peledakan yang digunakan perusahaan. Geometri yang didapatkan dari Simulasi Rancangan 1 adalah, *burden* 4,4 m, *spasi* 4,7 m, kedalaman 7 m, panjang kolom isian 2 m dan *stemming* 4 m dengan panjang *air deck* tetap 1 meter. Sehingga jumlah bahan peledak yang digunakan per lubang ledak adalah 35 kg. Target produksi peledakan di PT. Bukit Asam perbulan adalah 200.000 m³ dengan jumlah peledakan perbulan adalah 10 kali sehingga target produksi per peledakan adalah 20.000 m³. Maka untuk mencapai target produksi per peledakan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam maka dibutuhkan 138 lubang ledak untuk sekali peledakan. Sehingga jumlah bahan peledak yang dibutuhkan dalam sekali peledakan adalah 4.830 kg.

Dengan geometri yang didapatkan dari Simulasi Rancangan 1 berdasarkan teori C.J Konya dan jumlah bahan peledak yang digunakan didapatkan nilai *powder*

factor peledakan yaitu $0,24 \text{ kg/m}^3$. Nilai *powder factor* ini masih bias digunakan untuk memecahkan batuan yang ada di Pit 2 Banko Barat yang merupakan batupasir dengan densitas batuan $2,21 \text{ kg/m}^3$ dan nilai kuat tekan batuan adalah $2,81 \text{ Mpa}$.

Sehingga berdasarkan geometri peledakan Simulasi Rancangan 1 berdasarkan teori C.J Konya didapatkanlah persentase lolos untuk ukuran batuan 200 cm adalah 80,25 %. Persentase ini sudah mencukupi untuk mencegah adanya *boulder* dari hasil peledakan. Dan juga dari geometri peledakan berdasarkan Simulasi Rancangan 1 berdasarkan teori C.J Konya ini juga dihitung nilai PVS yang dihasilkan nantinya. Persamaan yang didapatkan dari hasil perhitungan dilapangan adalah $PVS = 0,7377 \cdot SD^{0,0445}$. Sehingga dapat dilihat nilai PVS berkisar antara 0,94 dan 0,95 mm/s. Dimana nilai ini sudah memenuhi standar nilai PVS untuk bangunan yaitu 2 mm/s berdasarkan Kepmen ESDM nomor 1827 K/30/MEM/2018 tanggal 7 Mei 2018 tentang Pedoman Pengelolaan Teknis Pertambangan yang didasarkan pada SNI 7571:2010.

Tujuan dari rancangan geometri ini adalah untuk menganalisis kinerja *air deck* yang digunakan di perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan fragmentasi dengan geometri aktual di lapangan menggunakan teori Kuzram didapatkan hasil fragmentasi yang lolos untuk ukuran 200 cm masih kurang dari target 80%. Dari hasil perhitungan geometri Simulasi Rancangan 1 dengan teori C.J Konya didapatkan hasil fragmentasi yang lolos untuk ukuran 200 cm yaitu 80,25 % di mana nilai ini sudah mencapai target. *Powder factor* yang didapatkan dari Simulasi Rancangan 1 juga lebih besar dari nilai *powder factor* aktual dilapangan yaitu $0,24 \text{ kg/m}^3$ sehingga

jumlah bahan peledak perpeledakan 4.830 kg . Jumlah bahan peledak yang diijinkan digunakan dilapangan adalah berdasarkan jumlah unit MMU yang tersedia di PT. Bukit Asam yaitu hanya 1 unit MMU saja dengan kapasitas muatan 10.000 kg. Adanya penambahan bahan peledak berdampak pada keberhasilan ukuran fragmentasi batuan tapi juga akan meningkatkan getaran tanah yang dihasilkan selama peledakan. Dari perhitungan nilai PVS rancangan yang didasarkan pada PVS aktual di lapangan dapat dikatakan bahwa nilai PVS rancangan masih aman.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan pada peledakan konvensional dan peledakan *air decking* untuk geometri aktual di lapangan dan analisis terhadap nilai *powder factor*, fragmentasi batuan dan *digging time* alat gali di Pit 2 Banko Barat pada lapisan interburden, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Geometri peledakan *air decking* yang digunakan di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam adalah dengan mengurangi penggunaan jumlah bahan peledak yang digantikan dengan penggunaan *air deck* berukuran 1 meter. Geometri aktual rata-rata yang didapat selama penelitian di lapangan adalah *burden* 6,79 meter, *spasi* 7,43 meter, kedalaman 6,69 meter, panjang kolom isian 1,92 meter dan *stemming* 3,77 meter. *Air Deck* yang digunakan oleh perusahaan diletakkan di bagian paling bawah dari lubang ledak. Pola peledakan yang digunakan adalah *box – cut* dengan pola pengeboran *staggered pattern* atau pola lubang *zig zag*.
2. Dari hasil pengamatan selama 10 kali peledakan di lapangan didapatkan nilai rata-rata *powder factor* sebesar 0,15 kg/m³ dan fragmentasi lolos ayakan rata-rata ukuran 200 cm sebesar 56,99 %. Sehingga setelah dianalisis dapat dikatakan bahwa ukuran fragmentasi aktual di lapangan masih belum mencapai target perusahaan yaitu 80%. Maka diperlukan perbaikan geometri peledakan untuk memperbaiki fragmentasi dengan menggunakan teori C.J Konya. Dari

hasil perhitungan C.J Konya dilakukanlah Simulasi Rancangan sehingga didapatkan lah nilai *burden* 4,4 meter, *spasi* 4,7 meter, kedalaman 7 meter, panjang kolom isian 2 meter dan *stemming* 4 meter. Sehingga dari geometri tersebut didapatkan nilai *powder factor* 0,24 kg/m³ dengan persentase fragmentasi lolos ayakan ukuran 200 cm sebesar 80,25% yang sudah sesuai dengan target perusahaan. Pengukuran getaran tanah hasil peledakan dilakukan dengan alat *Blastmate* III, hasil pengukuran getaran aktual di lapangan didapatkan nilai 0,52 – 0,69 mm/s dengan persamaan $PVS = 0,7377 SD^{0,0445}$. Berdasarkan persamaan PVS tersebut didapatkanlah nilai PVS berdasarkan Simulasi Rancangan dengan nilai 0,94 – 0,95 mm/s. sehingga dapat dikatakan bahwa hasil getaran aktual di lapangan dan getaran rancangan simulasi masih dapat dikatakan aman sesuai dengan batas maksimal diperusahaan yaitu 2 mm/s.

5.2 Saran

Saran yang dapat saya berikan sebagai penulis yang telah melakukan penelitian di Pit 2 Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah perlunya dilakukan rancangan ulang untuk geometri peledakan yang digunakan pada peledakan dengan metode *bottom air deck* di Pit 2 Banko Barat dengan memperhatikan nilai *burden*, *spasi*, kedalaman lubang ledak dan juga jumlah penggunaan bahan peledak agar peledakan yang dihasilkan bisa menghancurkan batuan yang ada dilokasi peledakan tersebut sehingga target fragmentasi yang diterapkan perusahaan dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar Nasional Indonesia. 2010. *Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang*. SNI 7571. Jakarta.
- Elnashai, S.A. dan Sarno,D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*. Wiley. Hongkong
- F. Mohamed, A.Hafsaoui, K. Tahli, K.Menacer. 2015. Study of Powder Factor in Surface Bench Blasting. *Jurnal Procedia Earth and Planetary Science*. 8(142): 893-894.
- Hustrulid, Wiliam. 1999. *Blasting Principles for Open Pit Mining Vol 1*. Rotterdam. Brookfield.
- Jhanwar, J.C dan Jethwa, JL. 2000. *The Use of Air Decks In Production Blasting In an Open Pit Coal Mine*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Jhanwar, J.C. 2013. *Investigation Into Influence of Air-Decking On Blast Performance In Opencast Mines In India* . Taylor & Francis Group. London.
- Jimeno C. L, Jimeno E & Carcedo. 1955. *Drilling and Blasting of Rocks*, A.A. Balkema Publishers.
- Koesnaryo. S. 2001. *Rancangan Peledakan Batuan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.
- Konya C.J. 1995. *Blast Design*. Precision Blasting Service. Montville. Ohio.
- Kuznetsov, 1973. *The mean diameter of the fragments*. Formed by blasting rock. New York.
- 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.
- Saptono. S. 2006. *Teknik Peledakan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.

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.

Y.Y Hutajulu, Y. Taruna, F.F Lakoy, F. Indrajaya, DAK. Wijaya. 2021. Tingkat Keberhasilan Pengeboran Dan Peledakan Pada Pembongkaran Tanah Penutup. *Jurnal Pertambangan*. 5(1) : 2-6

