

**ANALISIS PENGARUH ARAH PELEDAKAN TERHADAP
GETARAN PELEDAKAN (PPA) DARI GEOMETRI
PELEDAKAN DI PIT 3 TIMUR BANKO BARAT
PT. BUKIT ASAM, Tbk KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI



OLEH :

AFTHER JEMIG DAMANIK
DBD 114 112

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN
2019**

**ANALISIS PENGARUH ARAH PELEDAKAN TERHADAP
GETARAN PELEDAKAN (PPA) DARI GEOMETRI
PELEDAKAN DI PIT 3 TIMUR BANKO BARAT
PT. BUKIT ASAM, Tbk KABUPATEN MUARA ENIM
PROVINSI SUMATERA SELATAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Strata 1
Pada Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan**



OLEH :

AFTHER JEMIG DAMANIK
DBD 114 112

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN
2019**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIATISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : AFTHER JEMIG DAMANIK

NIM : DBD 114 112

JURUSAN/PRODI : TEKNIK PERTAMBANGAN

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

Palangka Raya, 24 Oktober 2019

Penulis,



AFTHER JEMIG DAMANIK
DBD 114 112

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH ARAH PELEDAKAN TERHADAP GETARAN PELEDAKAN (PPA) DARI GEOMETRI PELEDAKAN DI PIT 3 TIMUR BANKO BARAT PT. BUKIT ASAM, Tbk KABUPATEN MUARA ENIM PROVINSI SUMATERA SELATAN

Oleh :

AFTHER JEMIG DAMANIK

DBD 114 112

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada
Hari / Tanggal : Kamis, 24 Oktober 2019
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Tim Penguji,

1. HEPRYANDI LUWYK DJANAS USUP, S.T., M.T Ketua
NIP. 19810211 200604 1 001
2. YOSSA YONATHAN HUTAJULU, S.T., M.T Sekretaris
NIP. 19841022 201504 1 001
3. Ir. YULIAN TARUNA, M.Si Anggota
NIP. 19580705 198903 1 019
4. FERDINANDUS, S.T., M.T Anggota
NIP. 19891116 201903 1 009
5. NENY SUKMAWATIE, S.Hut., M.P Anggota
NIP. 19760614 200801 2 020



Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T
NIP. 19651119 199302 1 001

Menyetujui,
Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya



FAHRUL INDRAJAYA, S.T., M.T
NIP. 19791215 200812 1 001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Imanuel,

1. Saya berterimakasih kepada Robinson Damanik dan Hamisah Purba yaitu kedua orangtua saya atas segala didikan dan setiap doa yang kunikmati sampai saat ini. Dan kepada keluarga (Kakak, Abang dan Keponakanku) atas setiap masa pertumbuhan yang kita nikmati bersama.
2. Saya berterimakasih kepada orang-orang terbaik dan terhebat disekitarku (Brother's & Sister's House Palangka Raya, Teman-teman dan Orang-orang yang mengenalku), aku bukanlah aku tanpa dukungan dan motivasi kalian. Sekiranya Tuhan Yesus Kristus tetap memberkati kita semua.



-skripsi ini saya persembahkan kepada setiap orang yang telah membacanya-

“Aku tidak ingin kamu tau tentang kesulitan, ketakutan atau hidup dalam kesakitan. Aku hanya ingin kamu hidup dalam sukacita dan kebahagiaan tanpa berpikir terlalu banyak. Aku pikir itu adalah hal yang akan membuatku paling bahagia saat ini” ~ *melting me softly*.

Saya Afther Jemig Damanik, Diumur ke- 23 Tahun Saya Dalam Menyelesaikan Skripsi Ini.

GOD'S PLAN

SARI

Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah salah satu Pit yang berlokasi di Provinsi Sumatera Selatan. Dalam pencapaian target produksi, perusahaan melakukan peledakan dalam pembongkaran *overburden*. Salah satu dampak negatif dari peledakan adalah *ground vibration*, merupakan gelombang yang bergerak di dalam tanah disebabkan karena peledakan. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan.

Berdasarkan pengukuran *peak particle acceleration* (PPA) di Pit 3 Timur Banko Barat pada 1 Oktober 2018 sampai 5 Desember 2018, beberapa peledakan tingkat getarannya melewati standar perusahaan yaitu 0,03 g. Sehingga dilakukan analisis dengan menggunakan metode statistika regresi linear geometrik (regresi *power*) dengan persamaan hubungan PPA dan *Scaled Distance* (SD) yaitu $PPA = 1,306(SD)^{-1,346}$ dan $R^2 = 0,8622$ yang menyatakan hubungan pengaruh yang sangat kuat. Tingkat getaran peledakan disebabkan oleh beberapa faktor yaitu geometri pengeboran dan peledakan, jarak peledakan, *charge weight/delay*, *delay time* dan arah peledakan.

Berdasarkan pengukuran di lapangan, untuk lokasi peledakan yang mempunyai ≥ 2 *free face* dan arah peledakannya mengarah ke *free face* dengan persamaan $y = 3,956x^{-1,3}$ menyatakan bahwa PPA cenderung lebih kecil karena getarannya terbuang ke *free face* sedangkan lokasi peledakan yang hanya memiliki ≥ 1 *free face* dan arah peledakannya mengarah ke *wall* dengan persamaan $y = 2,704x^{-1,269}$ menyatakan bahwa PPA cenderung lebih besar karena getaran mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbuang ke *free face*. Beberapa faktor lain yang dapat meningkatkan getaran adalah lubang yang meledak secara bersamaan, sehingga dilakukannya analisis untuk membatasi nilai PPA sesuai standar perusahaan yaitu 0,03 g. Maka dengan upaya pembatasan jarak minimal 255 meter dengan isian bahan peledak maksimal 106 kg untuk lokasi peledakan yang arah peledakannya mengarah ke *free face* sedangkan lokasi peledakan yang arah peledakan ke *wall* dengan jarak minimal 350 meter dengan isian bahan peledak maksimal 106 kg. Dengan penggunaan ≤ 2 jeda *surface delay* 3000 ms di tengah rangkaian sehingga tidak memperpanjang rambatan getaran melalui ledakan lubang ledak *echelon*, perlunya penjadwalan khusus lokasi peledakan yang menggunakan pola *box cut* dan menerapkan teknik peledakan (*air decking* dan *line drilling*) untuk menurunkan getaran PPA pada lokasi peledakan yang arah peledakannya mengarah ke *wall* (getaran mendekati *wall*).

Kata Kunci : Peledakan, Arah Peledakan, *Peak Particle Acceleration*.

ABSTRACT

Pit 3 Timur Banko Barat of PT. Bukit Asam, Tbk is one of the pits located in South Sumatera Province. This company creates blasting in overburden removal in order to achieve the production target. One of the negative effects of this blasting is the ground vibration, which is a wave that moves in the ground due to the explosion. At a certain level, these ground vibrations can cause damage to the structure around the blasting location.

Based on measurements of peak particle acceleration (PPA) in Pit 3 Timur Banko Barat on October 1, 2018 to December 5, 2018, some ground vibration levels of vibration exceeded the company standard of 0.03 g. Therefore, an analysis was done using linear regression statistical methods (regression power) with PPA relational equation and Scaled Distance (SD) that $PPA = 1.306 (SD)^{-1.346}$ and $R^2 = 0.8622$ which gives the relationship a very strong influence. The amount of vibration is caused by several factors so that field observations were carried out to determine the causal factors.

Based on the field measurements, blasting locations which have ≥ 2 free face and the blasting direction leads to free faces with the equation $y = 3,956x^{-1.3}$ states that the PPA tends to be smaller because the vibration is wasted into the free face while the explosion location which only has 1 free face and the blasting direction leads to the wall with the equation $y = 2.704x^{-1.269}$ states that the PPA tends to be greater since the vibration leads to the wall and it is not wasted on the free face. Some other factors that can increase vibration are holes that explode simultaneously, so the analysis was carried out to limit the PPA value according to company standards of 0.03 g. The effort of limiting the blasting distance as much as 255 meters at least with maximum explosives of 106 kg must be done for the blasting direction which leads to free face. Meanwhile, the blasting location with the direction which leads to the wall must be at least 350 meters in distance with maximum explosives of 106 kg. It is needed to use ≤ 2 pcs 3000 ms surface delay interval in the center for not extending the vibration propagation through the blast of each hole, create the special schedule using box cut patterns and apply the blasting technique (air decking and line drilling) to reduce the PPA vibrations for blasting locations using the blasting direction which leads to the wall (ground vibration approaching to wall).

Keywords : Blasting, Blasting Direction, Peak Particle Acceleration.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur Penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan Kasih-Nya, Penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian Skripsi ini dengan baik. Penulisan Laporan Penelitian Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian di lapangan yang dilakukan di PT. Bukit Asam, Tbk pada tanggal 1 Oktober 2018 hingga 5 Desember 2018 dengan judul **”Analisis Pengaruh Arah Peledakan Terhadap Getaran Peledakan (PPA) Dari Geometri Peledakan Di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan”**.

Dalam penyelesaian Skripsi ini, Penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini 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/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, S.T., M.T selaku Sekertaris Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya dan Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian ini.
4. Ibu Lisa Virgiyanti, S.T., M.T selaku Dosen Koordinator Skripsi Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Hepryandi Luwyk Djanas Usup, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian ini.
6. Bapak Ir. Yulian Taruna, M.Si selaku Dosen Penguji I Skripsi atas arahan dan bantuannya.
7. Bapak Ferdinandus, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II Skripsi atas arahan dan bantuannya.
8. Ibu Neny Sukmawatie, S.Hut., M.P selaku Dosen Penguji III Skripsi atas arahan dan bantuannya.

9. Bapak Arvian Arifin selaku Direktur Utama PT. Bukit Asam, Tbk
10. Bapak Suryadi selaku Manajer Satuan Kerja Penunjang Tambang PT. Bukit Asam, Tbk
11. Bapak Subandi B. Dolohadi selaku Asisten Manajer Pemboran dan Peledakan sekaligus pembimbing lapangan selama melakukan kegiatan Tugas Akhir di PT. Bukit Asam, Tbk.
12. Bapak Dasril selaku *supervisor* Peledakan di PT. Bukit Asam, Tbk
13. Bapak Zuhendri, Bapak Army dan Bapak Romy selaku pembimbing dalam pengambilan data di lapangan dan penyusunan laporan.

Penulis menyadari sepenuhnya di dalam laporan ini masih banyak terdapat kekurangan baik dalam penulisan ataupun keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, penulis memohon maaf sekaligus mengharapkan masukan berupa saran dan kritik yang membangun dari pembaca. Sehingga Laporan Penelitian Skripsi ini nantinya dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palangka Raya, 24 Oktober 2019

Penulis,

AFTHER JEMIG DAMANIK
DBD 114 112

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	3
1.3.1 Maksud.....	3
1.3.2 Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Bagi Peneliti	4
1.4.2 Bagi Perusahaan	4
1.4.1 Bagi Pembaca.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Peneliti Terdahulu	6
2.2 Kegiatan Pertambangan	7
2.3 Pengeboran dan Peledakan.....	8
2.3.1 Pengeboran (<i>Drilling</i>)	8
2.3.2 Peledakan (<i>Blasting</i>)	11
2.4 Getaran Akibat Peledakan (<i>Ground Vibration</i>)	15
2.4.1 Gelombang Seismik	15
2.4.2 Konsep Getaran Akibat Peledakan.....	17
2.4.3 Alat Ukur Getaran Tanah	22
2.4.4 Getaran Akibat Peledakan.....	23
2.4.5 Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng ...	25
2.4.6 Faktor-Faktor Mempengaruhi <i>Ground Vibration</i> Akibat Peledakan	26
2.4.7 Standar Vibrasi.....	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sejarah Perusahaan.....	30
3.2 Struktur Organisasi.....	32
3.3 Lokasi Wilayah Izin Usaha Pertambangan	33
3.4 Kondisi Geologi	33
3.4.1 Geologi Regional	33
3.4.2 Geologi Daerah Penelitian	36
3.5 Alat dan Bahan	40
3.6 Tata Laksana Penelitian	40
3.6.1 Langkah Kerja.....	40
3.6.2 Metode Penelitian.....	43
3.7 Bagan Alir	43
3.8 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	45
3.9 Waktu Penelitian	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil	47
4.1.1 Pengeboran dan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA	47
4.1.2 Hasil Pengukuran Getaran Akibat Kegiatan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA	54
4.2 Pembahasan.....	79
4.2.1 Pengeboran dan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA	79
4.2.2 Hasil Pengukuran Getaran Akibat Kegiatan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA.....	90

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	120
5.2 Saran.....	121

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Waktu Penelitian	46
4.1 Geometri Peledakan	50
4.2 Data Lapangan Kegiatan Peledakan di <i>Pit 3 Timur Banko Barat PTBA</i>	57
4.3 Jarak Lokasi Peledakan ke Pengukuran	58
4.4 Hasil Pengukuran Getaran Akibat Peledakan	61
4.5 Pengaruh Arah Lemparan Terhadap Arah Peledakan	67
4.6 Pengontrolan <i>Surface Delay</i>	76
4.7 Batas Jarak Kritis Peledakan	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Alur Proses Operasi Pertambangan PTBA	8
2.2 Lubang Ledak Vertikal dan horisontal.....	10
2.3 Pola Pengeboran.....	10
2.4 Geometri Peledakan	12
2.5 <i>Box Cut</i>	13
2.6 <i>Corner Cut</i>	14
2.7 <i>V Cut</i>	14
2.8 Gelombang <i>Longitudinal</i>	16
2.9 Gelombang <i>Tranversal</i>	16
2.10 Gelombang <i>Love</i> dan Gelombang <i>Rayleigh</i>	17
2.11 Distribusi Energi Bahan Peledak	18
2.12 Proses Pecahnya Batuan Kibat Peledakan	20
2.13 Lintasan Gelombnag Seismik	21
2.14 <i>Micromate</i>	22
2.15 Pengukuran Gelombang Dengan <i>Micromate</i>	23
3.1 Litologi Daerah Penelitian	39
3.2 Bagan Alir Penelitian	44
3.3 Kerangka Pemikiran Penelitian	45
4.1 <i>Unit Bor D245S</i>	48
4.2 Pola Pengeboran.....	49
4.3 Arah Peledakan	51
4.4 Pola Peledakan (a) <i>Echelon Cut</i> dan (b) <i>Box Cut</i>	51
4.5 Tahapan Kegiatan Peledakan	53
4.6 Pit 3 Timur Banko Barat PTBA.....	54
4.7 Simulasi Pengambilan Data Getaran Kegiatan Peledakan.....	54
4.8 Kondisi Lokasi Tanah Asli Pengukuran Getaran Kegiatan Peledakan	55
4.9 <i>Micromate</i>	56
4.10 <i>Report</i> Getaran Peledakan.....	59
4.11 Simulasi <i>ShotPlus-i</i> untuk Lubang Meledak Bersamaan	60
4.12 Simulasi <i>ShotPlus-i</i> untuk Lubang Tidak Meledak Bersamaan.....	60
4.13 <i>Scaled Distance vs Peak Particle Acceleration</i>	62
4.14 <i>Charge Weight vs PPA</i>	66
4.15 <i>Distance vs PPA</i>	66
4.16 Pola Peledakan <i>Echelon Cut</i> dengan IP (<i>Free Face</i>)	72
4.17 Pola Peledakan <i>Echelon Cut</i> dengan IP (<i>Wall</i>).....	73
4.18 Pola Peledakan <i>Box Cut</i> dengan IP (<i>Wall</i>).....	73
4.19 PPA vs Pola Peledakan	74
4.20 PPA vs Arah Peledakan.....	74

Gambar	Halaman
4.21 PPA _{aktual} vs PPA _{dikontrol}	76
4.22 Pengaruh Jeda Pada PPA.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A Struktur Organisasi PT. Bukit Asam, Tbk
- B Peta Kesampaian Daerah Penelitian PT. Bukit Asam, Tbk Kecamatan Lawang Kidul Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan.
- C Peta Lokasi Penelitian PT. Bukit Asam, Tbk Kecamatan Lawang Kidul Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan.
- D Peta Geologi Regional PT. Bukit Asam, Tbk Kecamatan Lawang Kidul Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan.
- E Peralatan Peledakan
- F Perlengkapan Peledakan
- G *Blast Design* Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk
- H Revisi *Tie Up Surface Delay*
- I Batas Jarak Kritis Getaran Peledakan Terhadap *Wall*
- J Peta Batasan Jarak Kritis Efek Getaran Peledakan (PPA) Terhadap *Wall*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. Bukit Asam, Tbk (PTBA) adalah salah satu perusahaan tambang batubara yang berlokasi di Kelurahan Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. Di PT. Bukit Asam, Tbk dalam melakukan kegiatan penggalian beberapa lokasi tidak efisien dengan hanya menggunakan *excavator*. Karena setiap lokasi memiliki material dan tingkat kekerasan batuan berbeda-beda, dengan adanya kegiatan peledakan mampu memaksimalkan kinerja dan memperpanjang umur *excavator* untuk menggali material pada bukaan lahan tambang. Dimana tujuan peledakan adalah memberaikan material yang memiliki tingkat kekerasan batuan tertentu untuk mempermudah penggalian material oleh *excavator*. Dalam merencanakan kegiatan peledakan, maka setiap perusahaan akan mengkaji dampak positif dan dampak negatif dari hasil kegiatan peledakan. Salah satu dampak negatif yang dianalisis pada penelitian ini adalah getaran akibat peledakan, getaran akibat peledakan adalah gelombang yang bergerak didalam material yang disebabkan oleh adanya energi sisa peledakan.

Dalam pengukuran getaran peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA nilai percepatan getaran akibat peledakan di *wall* masih dikatakan cenderung besar dan tidak aman untuk kestabilan lereng. Nilai percepatan getaran akibat peledakan (PPA) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu

geometri pengeboran dan peledakan, muatan bahan peledak per waktu tunda, waktu tunda (*length of delay*), jarak sumber ledakan dan arah peledakan. Dari faktor tersebut, dapat ditentukan batasan-batasan peledakan agar lereng tersebut aman dari getaran akibat peledakan. Parameter tersebut adalah geometri pengeboran dan peledakan, batasan muatan peledakan, waktu tunda, jarak lereng terhadap sumber ledakan dan arah peledakan yang ditentukan oleh letak *initiation point* pada setiap pola peledakan yang diterapkan.

Dimana perusahaan, untuk mengurangi nilai getaran yang dapat merusak struktur (*wall*) di sekitar lokasi peledakan tidak melakukan perubahan terhadap geometri pengeboran dan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA karena dianggap maksimal terhadap fragmentasi peledakan dan efisien terhadap *powder factor*, akan tetapi untuk meminimalisir nilai getaran peledakan (PPA) sebaiknya perusahaan melakukan penerapan perencanaan arah peledakan sehingga arah rambatan getaran tidak mendekati lereng, pengaturan lubang ledak yang meledak secara bersamaan dan penggunaan jeda *surface delay* sehingga nilai getaran yang dihasilkan cenderung lebih kecil. Hal tersebut melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian terhadap getaran akibat peledakan, dengan judul “Analisis Pengaruh Arah Peledakan Terhadap Getaran Peledakan (PPA) Dari Geometri Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk”.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan pemaparan latar belakang tersebut diatas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana geometri pengeboran dan peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk?
2. Bagaimana Pengaruh arah peledakan terhadap getaran peledakan $PPA_{longitudinal}$ dari geometri peledakan yang diterapkan ?

1.3 Maksud dan Tujuan

1.3.1 Maksud

Dari analisis tersebut, untuk mengurangi nilai getaran yang mengarah ke *wall* dengan menerapkan perancangan arah peledakan sehingga arah rambatan getaran tidak mendekati *wall* di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.

1.3.2 Tujuan

Adapun yang menjadi tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui geometri pengeboran dan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Menganalisis pengaruh arah peledakan terhadap getaran peledakan $PPA_{longitudinal}$ dari geometri peledakan diterapkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.4.1 Bagi Peneliti

1. Dapat mengetahui tingkat getaran akibat peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Dapat mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap besarnya getaran akibat peledakan pada kegiatan peledakan.

1.4.2 Bagi Perusahaan

Dengan adanya data dari hasil kegiatan penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengevaluasi pelaksanaan terutama dalam pengendalian tingkat getaran peledakan dari hasil kegiatan peledakan terutama pada struktur di sekitar daerah peledakan.

1.4.3 Bagi Pembaca

Dapat memberikan informasi mengenai kegiatan peledakan yang dilakukan oleh perusahaan terutama mengenai hal yang berhubungan dengan pengaruh arah peledakan terhadap getaran peledakan (PPA) yang dihasilkan kegiatan peledakan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun yang dijadikan batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain :

1. Lokasi Peledakan dilakukan di *low wall* dan *side wall* tambang Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk.
2. Lokasi pengukuran dilakukan di *low wall*, sehingga mengamati nilai getaran peledakan di *low wall*.

3. Jarak pengukuran getaran peledakan telah ditentukan di perusahaan $\pm 300 - 500$ meter disesuaikan dengan kondisi di lapangan.
4. Nilai getaran peledakan yang dikaji adalah hanya $PPA_{longitudinal}$ dari data alat *micromate* sebagai alat pengukur getaran peledakan.
5. Pola peledakan yang digunakan adalah pola peledakan *box cut* dan *echelon cut*.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

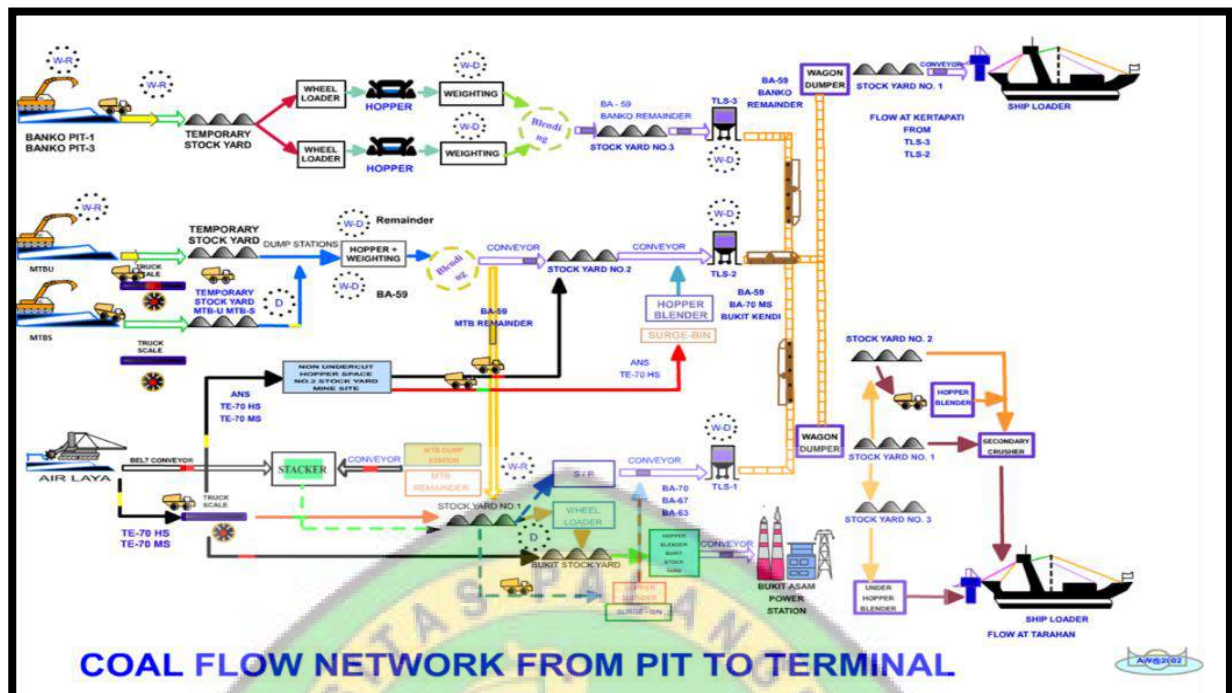
Penelitian terdahulu yang relevan terhadap penelitian penulis yang diambil dari penelitian skripsi sebelumnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Tonni Turnip (2010) di Tambang Tutupan PT. Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Dimana yang menjadi tujuan penelitian ini adalah menganalisis batasan percepatan kritis dari getaran kegiatan peledakan yang menyebabkan kemantapan lereng terganggu. Salah satu faktor yang memperbesar nilai getaran adalah jumlah lubang yang meledak secara bersamaan, sehingga pengontrolan utama berada pada *tie up surface delay* pada rangkaian peledakan.

Penelitian Joris Pasang (2013) yang dilaksanakan di PT. Cipta Kridatama Jobsite PT. Multi Harapan Utama Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Dimana tujuan penelitian ini untuk menganalisis nilai getaran yang lebih besar dengan membandingkan 2 pola rangkaian peledakan dan faktor yang menyebabkan nilai getaran lebih besar dari pola rangkaian peledakan yang digunakan. Untuk mengantisipasi lubang ledak yang memperpanjang rambatan getaran, lokasi peledakan yang memiliki banyak lubang ledak maka tidak disarankan dilakukan sekali peledakan melainkan dirangkai beberapa kali inisiasi.

Penelitian Mukhamad Sofyan Rizka Akbar (2017) yang dilaksanakan di *Pit Roto Selatan Site* Kideco Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. Dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat hasil dari analisis pengaruh nilai PPA terhadap kestabilan lereng, dimana nilai getaran yang mempengaruhi kestabilan lereng adalah a_{maks} . Data yang diperlukan untuk menganalisis pengaruh *scaled distance* terhadap *peak particle acceleration* adalah *charge weight per delay*, jarak pengukuran dan nilai PPA. Analisis pengaruh SD terhadap PPA, didapatkan batasan SD sehingga menghasilkan getaran peledakan (PPA) dapat aman terhadap lereng tambang.

2.2 Kegiatan Pertambangan

Kegiatan pertambangan yang diterapkan pada setiap perusahaan tambang terbuka meliputi kegiatan pertambangan yang dilakukan sesuai perencanaan yang telah dibuat (*planning*). Pertambangan Menurut Undang-Undang Nomor 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (UU No. 4/2009) adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang. Pada **Gambar 2.1**, kegiatan pertambangan yang dilaksanakan di PT. Bukit Asam, Tbk.



(Sumber : Departemen Perencanaan PT. Bukit Asam, Tbk. 2018)

Gambar 2.1 Alur Proses Operasi Pertambangan PTBA

Pada kenyataannya setiap perencanaan yang dibuat belum tentu bisa terwujud dengan sempurna. Ada beberapa faktor rancangan yang tidak dapat dikontrol dan ada juga faktor rancangan yang dapat dikontrol. Adapun yang menjadi faktor yang tidak dapat dikontrol adalah geologi (struktur batuan), struktur *diskontinuitas*, sifat dan kekuatan batuan, pengaruh air dan kondisi air. Pada penelitian ini akan membahas bagian dampak dari kegiatan peledakan yaitu getaran peledakan.

2.3 Pengeboran dan Peledakan

2.3.1 Pengeboran (*Drilling*)

Pengeboran pada kegiatan peledakan adalah suatu kegiatan untuk menciptakan lubang ledak yang akan diisi bahan peledak dimana lubang tersebut akan diledakan untuk membraikan batuan di sekitarnya.

A. Geometri Pengeboran

Geometri pengeboran meliputi adalah diameter lubang ledak, kedalaman lubang ledak, kemiringan lubang ledak, tinggi jenjang dan pola pengeboran (Saptono, S. 2006).

1. Diameter Lubang Ledak

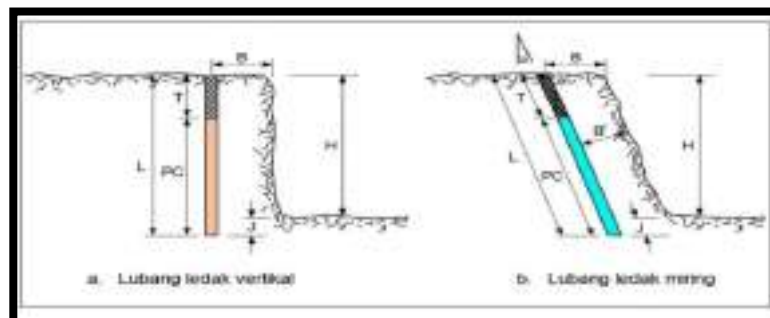
Diameter lubang ledak yang terlalu kecil menyebabkan faktor energi yang dihasilkan akan berkurang sehingga tidak cukup besar untuk membongkar batuan yang akan diledakkan, sedangkan jika diameter lubang ledak terlalu besar maka lubang ledak tidak cukup untuk menghasilkan fragmentasi yang baik, terutama pada batuan yang banyak terdapat kekar dengan jarak kerapatan yang tinggi (Saptono, S. 2006).

2. Kedalaman Lubang Ledak

Kedalaman lubang ledak disesuaikan dengan tinggi jenjang yang direncanakan. Pada prinsipnya kedalaman lubang ledak harus lebih besar dari tinggi jenjang.

3. Arah Pengeboran

Pada **Gambar 2.2**, arah lubang ledak dibagi atas dua yaitu miring dan tegak. Kemiringan lubang ledak antara 10° - 20° dari bidang vertikal yang biasanya digunakan pada tambang terbuka untuk memberikan hasil yang baik (Saptono, S. 2006)



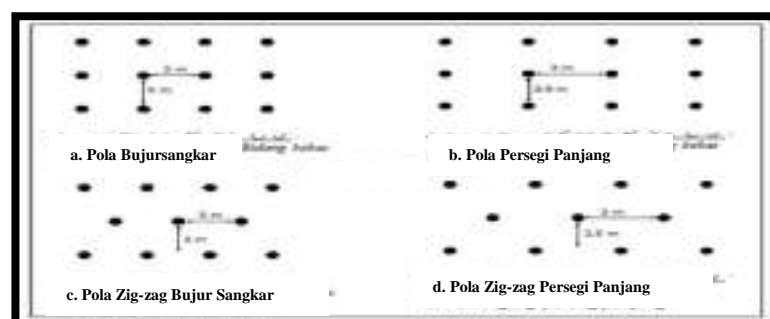
(Sumber : Saptono, S. 2006:67)

Gambar 2.2 Lubang Ledak (a) Vertikal (b) Miring

Keuntungan lubang ledak miring adalah fragmentasi hasil peledakan lebih baik, dinding jenjang yang dihasilkan relatif rata, PF yang digunakan lebih efisien dan menjadikan rantai jenjang rata sedangkan kerugiannya adalah panjang lubang ledak dan waktu pengeboran lebih lama, mengalami kesulitan dalam pengeboran, mengalami kesulitan dalam pengisian bahan peledak dan lebih rumit membuat lubang dengan kemiringan yang sama.

4. Pola Pengeboran

Pola pengeboran adalah suatu pola dalam pengeboran untuk menempatkan lubang – lubang ledak secara sistematis untuk diisi oleh bahan peledak seperti pada **Gambar 2.3**.



(Sumber : Saptono, S. 2006:66)

Gambar 2.3 Pola Pengeboran

2.3.2 Peledakan (*Blasting*)

Peledakan merupakan salah satu aktifitas pemisahan atau pekerjaan yang dilakukan untuk membebaskan batuan dari batuan induknya yang *massive*, tujuan dari kegiatan peledakan adalah memecah atau membongkar bahan batuan padat menjadi material yang berukuran tertentu yang cocok untuk proses produksi selanjutnya. Selain itu bertujuan untuk membuat rekahan yang umum diperuntukkan dalam kegiatan penambangan lain seperti penambangan marmer.

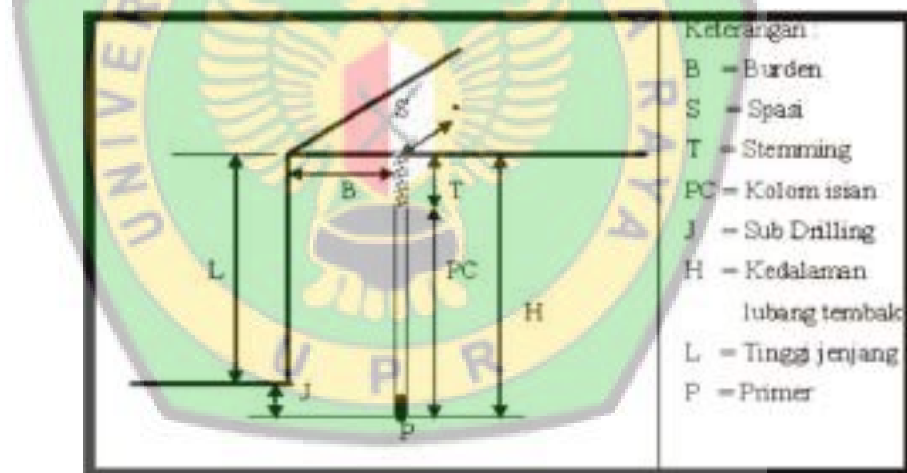
Menurut (Koesnaryo, S. 2001), suatu operasi peledakan dinyatakan berhasil dengan baik pada kegiatan penambangan apabila :

- a) Target produksi terpenuhi (dinyatakan dalam ton/hari atau ton/bulan).
- b) Penggunaan bahan peledak efisien yang dinyatakan dalam jumlah batuan yang berhasil dibongkar per kilogram bahan peledak (*powder factor*).
- c) Diperoleh fragmentasi batuan berukuran merata dengan sedikit bongkah (kurang dari 15 % dari jumlah batuan yang terbongkar per peledakan).
- d) Diperoleh dinding batuan yang stabil dan rata (tidak ada *overbreak*, *overhang* dan retakan-retakan).
- e) Aman
- f) Dampak terhadap lingkungan (*flyrock*, getaran, kebisingan, gas beracun dan debu) yang minimal.

Untuk memenuhi kriteria-kriteria diatas, diperlukan kontrol atau pengawasan terhadap faktor yang dapat mempengaruhi suatu operasi peledakan.

A. Geometri Peledakan

Geometri peledakan bertujuan untuk memperoleh ukuran fragmentasi sesuai dengan yang diinginkan dan menghindari dari dampak negatif kegiatan peledakan (*air blast, fly rock, ground vibration* dan *fume*), sehingga perlu memperhatikan geometri dalam suatu perencanaan peledakan. Pada **Gambar 2.4** adalah geometri peledakan.



(Sumber : Saptono, S. 2006:67)

Gambar 2.4 Geometri Peledakan

B. Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya ataupun antara lubang bor. Pola peledakan ini berdasarkan urutan

waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

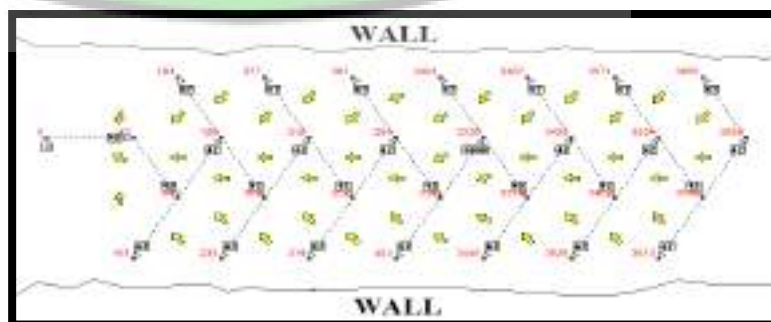
Beberapa keuntungan diperoleh pada peledakan waktu tunda yaitu :

- 1) Mengurangi getaran.
- 2) Mengurangi *overbreak* atau batu terbang (*flyrock*).
- 3) Mengurangi getaran atau suara (*noise*).
- 4) Mengarahkan lemparan fragmentasi batuan.

Berdasarkan arah runtuh batuan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut :

a) *Box Cut*

Pada **Gambar 2.5** adalah pola peledakan *box cut*, pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang hanya mempunyai satu bidang bebas (*free face*) yakni ketika diledakan material yang diledakan akan bersentuhan langsung dengan udara ke arah permukaan vertikal. Letak *inittion point* pada pola peledakan ini berada di pojok tengah sehingga arah lemparannya di tengah.

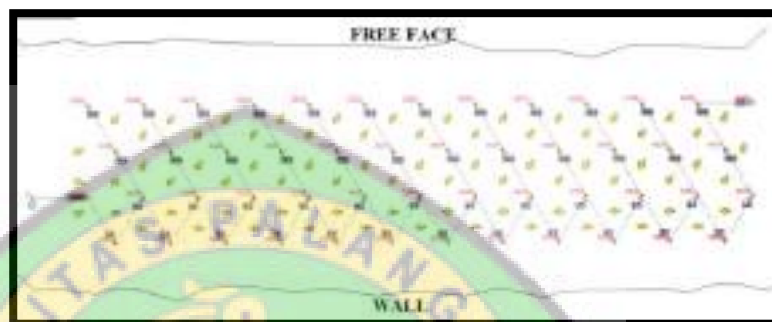


(Sumber : Departemen Bordak PT. Bukit Asam, Tbk. 2018)

Gambar 2.5 *Box Cut*

b) *Corner cut (echelon cut)*

Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki tiga bidang bebas (*free face*), pada **Gambar 2.6** menunjukkan bahwa arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola peledakan ini adalah ke arah pojok (IP).

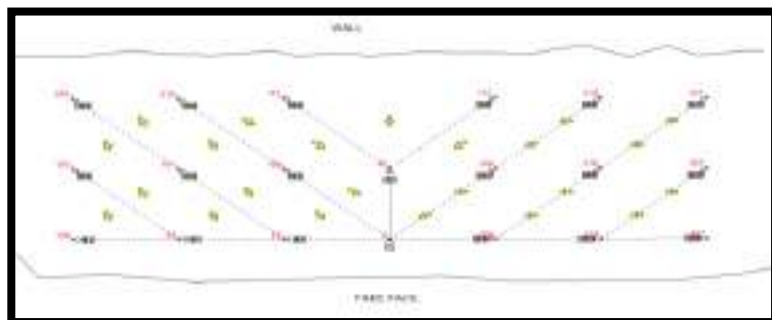


(Sumber : Departemen Bordak PT. Bukit Asam, Tbk. 2018)

Gambar 2.6 *Echelon Cut*

c) *V cut*

Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki dua bidang bebas (*free face*), arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola ini adalah ke arah tengah (*center*) dengan pola peledakan menyerupai huruf V yaitu pola peledakan yang arah runtuhannya kedepan dan membentuk huruf V seperti pada **Gambar 2.7**.



(Sumber : Departemen Bordak PT. Bukit Asam, Tbk. 2018)

Gambar 2.7 *V Cut*

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

- a) Pola peledakan serentak, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan secara serentak untuk semua lubang tembak.
- b) Pola peledakan beruntun, yaitu suatu pola yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris yang satu dengan baris lainnya.

2.4 Getaran Akibat Peledakan (*Ground Vibration*)

2.4.1 Gelombang Seismik

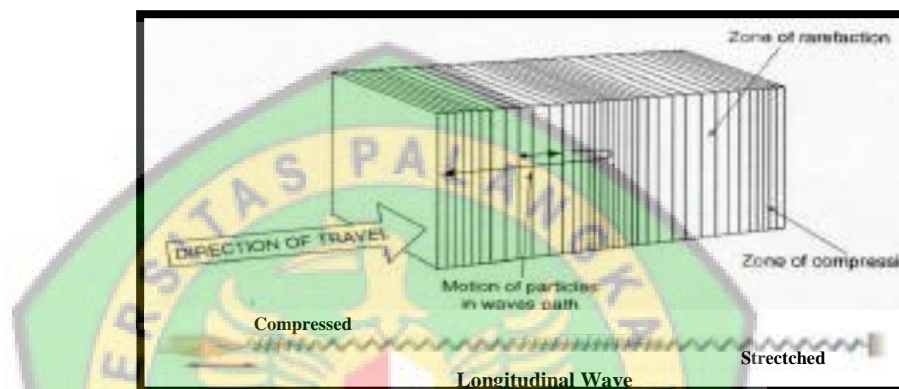
Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar melalui bumi, gelombang ini menggambarkan penyebaran energi melalui gempa. Penyebaran gelombang yang lain adalah gelombang suara, gelombang cahaya dan sebagainya. Salah satu penghasil gelombang seismik selain gempa bumi adalah getaran akibat kegiatan peledakan. Gelombang seismik dibagi menjadi dua, yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*).

Gelombang seismik dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- 1) Gelombang badan (*body wave*) adalah gelombang yang merambat melalui massa batuan dan menembus ke bagian dalam dari massa batuan. Ada dua macam gelombang badan, yaitu :

- Gelombang *Longitudinal* (Tekan/*compression wave*/P-wave)

Gelombang *longitudinal* adalah jenis menghasilkan pemadatan (kompresi) dan gelombang yang pemuaian (dilatasi) pada arah yang sama dengan arah perambatan gelombang. Seperti pada **Gambar 2.8**, ketika tali diberikan aksi sehingga adanya pemadatan dan regangan yang disebabkan arah perpindahan.

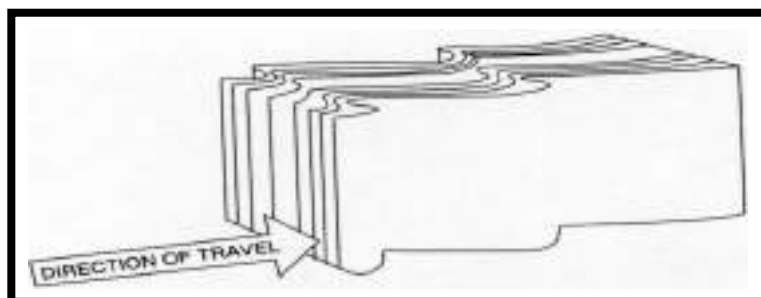


(Sumber : Anonim dalam Turnip, T. 2010 : 22)

Gambar 2.8 Gelombang *Longitudinal*

- Gelombang *Transversal* (*Shear wave*/ S-wave)

Gelombang *transversal* adalah gelombang melintang yang bergetar tegak lurus pada arah perambatan gelombang seperti pada **Gambar 2.9**. Gelombang *transversal* kecepatan getaran lebih kecil dibandingkan dengan gelombang *longitudinal*.

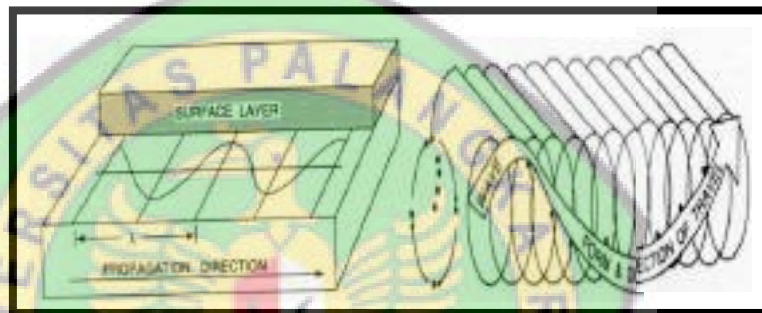


(Sumber : Anonim dalam Turnip, T. 2010 : 23)

Gambar 2.9 Gelombang *Tranversal*

2) Gelombang Permukaan adalah gelombang yang permukaan batuan tetapi tidak menembus batuan. Ada dua macam gelombang permukaan seperti pada **Gambar 2.10** yaitu:

- Gelombang *love* yaitu gelombang mempunyai gerakan seperti gelombang *transversal* yang terpolarisasi secara *horizontal*.
- Gelombang *rayleigh* yaitu gelombang yang gerakan partikel berputar mundur vertikal terhadap arah perambatan gelombang.



(Sumber : Anonim dalam Turnip, T. 2010 : 23)

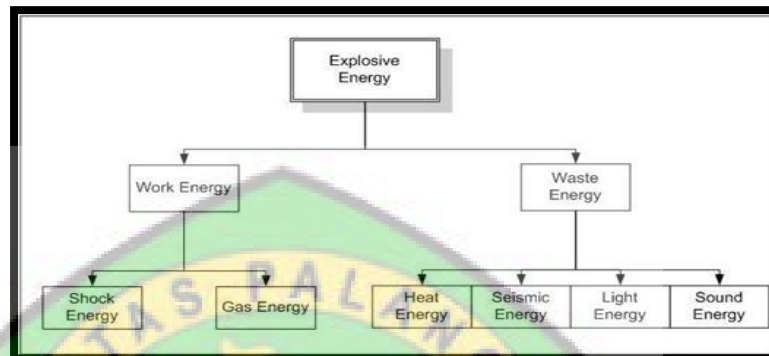
Gambar 2.10 Gelombang *Love* dan Gelombang *Rayleigh*

2.4.2 Konsep Getaran Akibat Peledakan

A. Energi Pada Peledakan

Ada 2 jenis energi yang dilepaskan saat terjadinya ledakan, yaitu *work energy* dan *waste energy*. *Work energy* adalah energi peledakan yang menyebabkan terpecahnya batuan. Energi ini terbagi dua, yaitu *shock energy* dan *gas energy*. Pada saat peledakan terjadi tidak semua energi yang dihasilkan akan digunakan untuk menghasilkan fragmentasi batuan, energi sisa yang dihasilkan ini disebut *waste energy*. *Waste energy* terdiri dari *light*, *heat*, *sound* dan *seismic energy*. Salah satu energi ini dapat menimbulkan efek yang berbahaya

dan tidak menguntungkan dalam kegiatan peledakan baik untuk permukiman maupun keamanan di *front* kerja tambang. Seperti pada **Gambar 2.11** *work energy* dan *waste energy* terbagi atas dampak yang ditimbulkan.



(Sumber : Dowding, H. D dalam Pasang, J. 2012 : 27)

Gambar 2.11 Distribusi Energi Bahan Peledak

B. Mekanisme Pecahnya Batuan

Proses pemecahan batuan pada saat peledakan dibagi berdasarkan tiga tahap yaitu :

1. Proses Pemecahan Tahap Pertama

Pada saat bahan peledak meledak, tekanan tinggi yang dihasilkan bahan peledak akan menghancurkan batuan didaerah sekitar lubang tembak. Gelombang kejut (*shock wave*) yang merambat meninggalkan lubang tembak (tekanan positif) akan mengakibatkan tekanan tangensial (*tangensial stress*) yang menimbulkan rekahan radial (*radial crack*) yang menjalar dari daerah lubang tembak.

2. Proses Pemecahan Tahap Kedua

Gelombang kejut yang mencapai bidang bebas akan dipantulkan. Bersamaan dengan itu tekanannya akan turun dengan cepat dan akan berubah menjadi negatif serta menimbulkan gelombang tarik (*tension wave*) yang merambat kembali di dalam batuan. Oleh karena itu kuat tarik batuan lebih kecil daripada kuat tekan, maka akan terbentuk rekahan-rekahan (*primary failure cracks*) karena tegangan tarik (*tension stress*) yang cukup kuat sehingga menyebabkan terjadinya *slabbing* atau *spalling* pada bidang bebas.

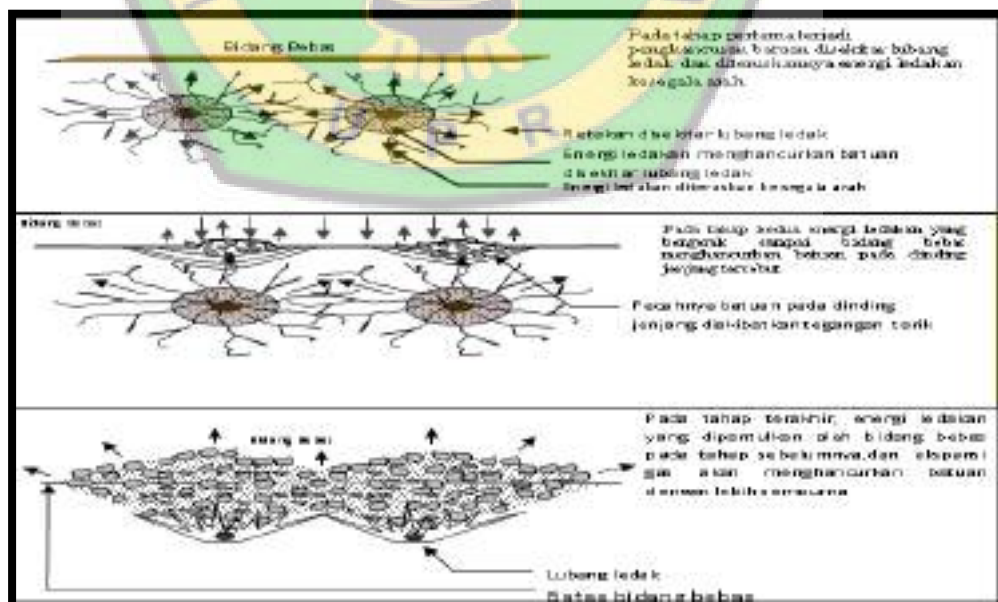
Efek gelombang kejut (*shock wave*) pada tahap pertama dan kedua adalah membuat sejumlah rekahan-rekahan kecil pada batuan. Kurang dari 15% dari energi total bahan peledak yang dihasilkan oleh energi gelombang kejut. Jadi gelombang kejut tidak secara langsung memecahkan batuan, tetapi mempersiapkan kondisi batuan untuk proses pemecahan tahap akhir.

3. Proses Pemecahan Tahap Ketiga

Pengaruh tekanan yang sangat tinggi dari gas-gas hasil peledakan, rekahan radial utama (tahap kedua) akan diperlebar secara cepat oleh efek dari kombinasi tegangan tarik yang disebabkan kompresi radial (*radial compression*) dan pembajian (*pneumatic wedging*). Jika massa batuan di depan lubang tembak gagal mempertahankan posisinya dan bergerak kedepan maka

tegangan tekan (*compression stress*) tinggi yang berada dalam batuan akan dilepaskan (*unloaded*), sebagai akibatnya akan timbul tegangan tarik yang besar didalam massa batuan. Tegangan tarik inilah yang melengkapi proses pemecahan batuan yang telah terjadi pada tahap kedua.

Mekanisme pecahnya batuan dimulai dengan *shock wave* yang merambat di sekeliling lubang ledak dan menyebabkan terbentuknya *radial cracks* atau rekahan. *Shock wave* yang merambat hingga *free face* akan memantul kembali ke arah lubang ledak membuat *radial cracks* yang terbentuk sebelumnya bertambah besar. Gas yang bertekanan tinggi akan masuk ke dalam rekahan dan menghancurkan batuan menjadi beberapa ukuran fragmentasi dapat dilihat **Gambar 2.12** yang terakhir.



(Sumber : Saptono, S. 2006 : 18)

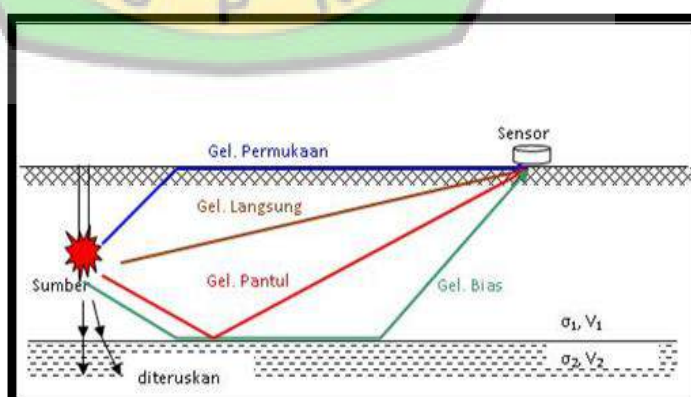
Gambar 2.12 Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

C. Lintasan Gelombang Peledakan

Sebuah bentuk gelombang datang menggambarkan gerakan tanah di lokasi sensor seperti pada **Gambar 2.13**. Gerakan tanah merupakan akibat dari gelombang badan dan gelombang permukaan yang mengikuti lintasan yang berbeda-beda di dalam kulit bumi. Lintasan tempuh gelombang di dalam kulit bumi umumnya dibagi menjadi 3, yaitu :

- Lintasan gelombang langsung
- Lintasan gelombang pantul (*reflected*)
- Lintasan gelombang bias (*refraction*)

Pemantulan (*reflection*) dan pembiasan (*refraction*) terjadi jika gelombang merambat melalui antara dua material yang berbeda densitas dan karakteristiknya. Terjadinya pantulan dan pembiasan dipengaruhi oleh kecepatan rambat gelombang yang besar dan sudut datang gelombang.



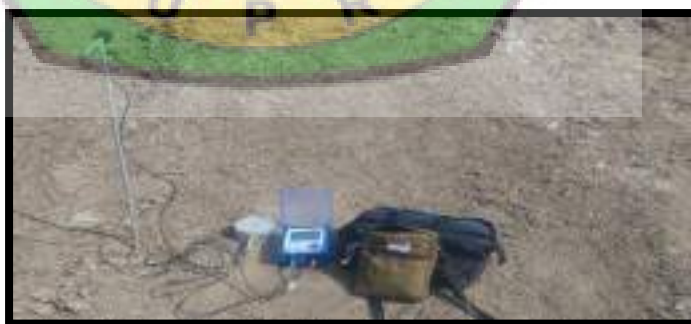
(Sumber : Dowding, C. H dalam Pasang, J. 2012 : 39)

Gambar 2.13 Lintasan Gelombang Seismik

2.4.3 Alat Ukur Getaran Tanah

Pemantau getaran yaitu alat yang digunakan untuk mengukur getaran yang ditimbulkan oleh suatu operasi peledakan. Alat seperti **Gambar 2.14** biasanya disiapkan di *wall* dekat lokasi peledakan dan lokasi penduduk atau fasilitas umum lainnya untuk mengukur getaran yang ditimbulkan peledakan. Dengan menggunakan *software Blastware*, data yang diperoleh kemudian dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan getaran pada lereng maupun bangunan.

Pemantau kebisingan suara (*noise level indicator*) akibat ledakan udara (*airblast*), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur intensitas suara yang ditimbulkan oleh peledakan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan suara terhadap manusia. Alat pemantau getaran dapat merekam suara peledakan dan ditulis pada kertas perekam.

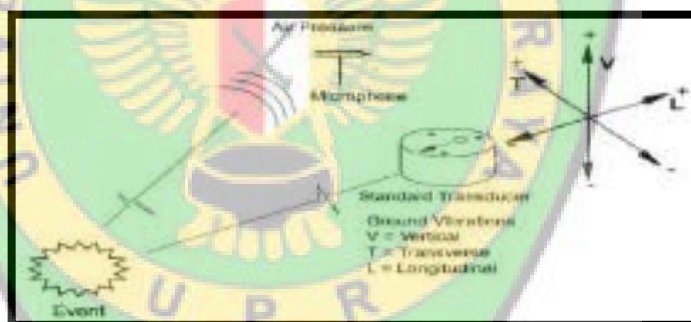


(Sumber : Departemen Bordak PT. Bukit Asam, Tbk. 2018)

Gambar 2.14 *Micromate*

Prinsip kerja *micromate* adalah mengubah masukan yang berupa gelombang *longitudinal*, *vertical* dan *horizontal* menjadi gaya

pegas/sinyal listrik sehingga diperoleh keluaran angka. *Micromate* dan *blastmate III* didesain untuk mengukur dan mencatat getaran tanah dengan tepat. Peralatan terdiri dari dua bagian penting, yaitu sensor dan rekorder. Kotak sensor mempunyai tiga unit independen, dua unit terletak *horizontal* dan saling tegak lurus dan satu unit dipasang secara vertikal. Ketiga sensor tersebut mencatat tiga arah komponen getaran peledakan yaitu *longitudinal*, *transversal* dan vertikal. Dimana fungsi dari *micromate* dan *blastmate III* adalah sama untuk mengukur getaran tanah, dimana kelebihan *micromate monitor touchscreen* dan untuk *import* data bisa langsung portable dengan USB tanpa disambungkan pada PC seperti alat *blastmate III*.



(Sumber : Anonim dalam Turnip, T. 2010 : 25)

Gambar 2.15 Pengukuran Gelombang oleh *Micromate*

2.4.4 Getaran Akibat Peledakan

Menurut (Akbar, Muhamad Sofyan Rizka. 2017), hasil peledakan selain menghasilkan efek hancuran pada batuan yang dinyatakan sebagai *disturbance factor* (D) dan energi dari proses peledakan menghasilkan gelombang seismik yang merambat di bawah permukaan bumi yang dikenal dengan getaran tanah. Getaran tanah yang dihasilkan akan

mempengaruhi kemantapan lereng karena getaran tanah tersebut akan menambah gaya pendorong lereng yang dapat memicu terjadinya kelongsoran.

A. Teori *Scaled Distance*

Scaled distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scaled distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran. Perkiraan nilai getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan dapat dilakukan dengan menghubungkan hasil pengukuran getaran tanah dengan parameter-parameter peledakan yang mempengaruhinya. Parameter-parameter peledakan seperti pada Persamaan 2.1 tersebut adalah yaitu jarak dari lokasi peledakan dan jumlah bahan peledak yang meledak secara bersamaan (W). Hubungan tersebut ditunjukkan oleh konsep PPV vs *Scaled Distance* yang dinyatakan oleh *US Bureau of Mines*, dimana *Scaled Distance* merupakan faktor yang mempengaruhi getaran tanah yang diperoleh dari jarak pengukuran dibagi akar dari muatan bahan peledak per waktu tunda. Selengkapnya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$PPV = K \cdot \left(\frac{d}{\sqrt{W}} \right)^\alpha \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan : PPV = Nilai getaran peledakan (m/s)

d = Jarak dari *micromate* ke lokasi peledakan (m)

W = Berat BP yang meledak bersamaan (kg)

K, α = Kostanta

Bentuk persamaan yang serupa juga berlaku untuk hubungan antara *Peak Particle Acceleration* (PPA) dengan *Scaled Distance* (SD) (Hoek & Bray, 1998 dalam Arif. 2016) yang dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$PPA = K \cdot \left(\frac{d}{\sqrt{W}}\right)^\alpha \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan : PPA = Getaran peledakan (g)

Nilai k dan α yang digunakan pada kedua persamaan di atas bukan merupakan nilai yang sama karena nilainya diperoleh dengan terlebih dahulu menentukan parameter mana yang akan digunakan (PPV atau PPA). Kedua parameter tersebut dapat diperoleh dari pengujian lapangan.

2.4.5 Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng

Menurut (Arif, 2016) secara sederhana dapat dikatakan bahwa gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak maka lereng akan stabil, sedangkan jika gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak maka lereng akan menjadi tidak stabil dan akan memicu longoran. Konsep sederhana tersebut dikembangkan menjadi suatu cara penilaian kestabilan lereng yang dikenal dengan Faktor Keamanan (FK) yang dinyatakan sebagai berikut (Hoek & Bray dalam Arif. 2016) :

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{\Sigma \text{Gaya Penahan}}{\Sigma \text{Gaya Penggerak}} \dots\dots\dots 2.3$$

Gaya penggerak yang bekerja pada massa batuan yang akan longsor dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F_{\text{penggerak}} = w \cdot \sin \Psi + m \cdot a \cos \Psi \dots\dots\dots 2.4$$

Sementara itu, besarnya gaya normal yang bekerja pada massa batuan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F_{\text{normal}} = w \cdot \cos \Psi - m \cdot a \sin \Psi \dots\dots\dots 2.4$$

Jika diketahui $F_{\text{penahan}} = \tau \cdot A$, maka besarnya F_{penahan} menjadi :

$$F_{\text{penahan}} = c \cdot A + (w \cdot \cos \Psi - m \cdot a \sin \Psi) \tan \emptyset \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan : a = percepatan horizontal (g)

Dari persamaan 2.5 dapat dilihat bahwa jika lereng menerima getaran tanah hasil peledakan sebesar a, massa batuan akan mengalami penambahan gaya penggerak dan pengurangan gaya penahan. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa percepatan horizontal menyebabkan berkurangnya kemantapan suatu lereng. Besarnya nilai percepatan getaran sebagai faktor seismik (a_{maks}) berhubungan dengan nilai *Peak Particle Acceleration* (PPA)

2.4.6 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Peledakan (PPA)

Getaran peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan yang tidak dapat dikontrol. Dimaksud faktor yang tak dapat dikontrol adalah faktor geologi dan geomekanik batuan sedangkan faktor yang dapat dikontrol yang mempengaruhi *ground vibration* adalah sebagai berikut :

A. Muatan Bahan Peledak per Waktu Tunda

Besarnya vibrasi yang dihasilkan peledakan dipengaruhi oleh jumlah muatan total bahan peledak per waktu tunda. Biasanya selisih waktu maksimal yang merupakan satu waktu tunda adalah sebesar 8 ms. Jadi lubang-lubang ledak yang mempunyai selisih waktu meledak kurang dari sama dengan 8 ms, dianggap meledak bersamaan. Jumlah muatan total handak yang dianggap meledak bersamaan ini merupakan muatan bahan peledak per waktu tunda. Semakin besar muatan bahan peledak per waktu tunda, besaran vibrasi yang dihasilkan akan semakin meningkat.

B. Jarak Pengukuran ke Lokasi Peledakan

Jarak pengukuran ke lokasi peledakan, juga memberikan pengaruh yang besar terhadap besaran vibrasi yang dihasilkan, seperti juga muatan maksimal bahan peledak per waktu tunda. Semakin dekat suatu titik pengukuran vibrasi ke lokasi peledakan, maka vibrasi yang terukur akan semakin besar.

C. *Powder Factor* (PF)

Powder factor (PF) merupakan jumlah total berat bahan peledak yang digunakan untuk meledakkan sejumlah batuan (volume). Pada peledakan jenjang, PF sangat erat kaitannya dengan geometri peledakan yaitu tinggi jenjang (H), kedalaman lubang ledak (L), *burden* (B), spasi (S), panjang *stemming* (T), panjang kolom isian

bahan peledak (PC) dan panjang *subdrilling* (J). Semakin banyak jumlah bahan peledak yang digunakan, maka nilai PF semakin besar.

D. Jenis Bahan Peledak

Bahan peledak yang memberikan tekanan lubang tembak yang kecil akan menghasilkan besaran vibrasi yang kecil. Jenis bahan peledak yang menghasilkan tekanan lubang ledak kecil biasanya memiliki densitas dan tekanan detonasi yang kecil, contohnya adalah ANFO yang sering digunakan untuk peledakan jenjang pada tambang-tambang Batubara.

E. Geometri Peledakan

Faktor geometri yang dimaksud adalah seperti yang telah disebutkan pada sub bab di atas. Semakin besar diameter lubang ledak, semakin panjang kolom isian bahan peledak pada lubang ledak, maka jumlah bahan peledak yang digunakan akan semakin besar, sehingga meningkatkan nilai PF dan jumlah bahan peledak yang meledak per waktu tunda.

F. Waktu Tunda (*Delay*)

Interval waktu tunda antar lubang ledak sangat mempengaruhi tingkat vibrasi yang dihasilkan. Jika interval waktu tunda makin besar, maka kemungkinan jumlah bahan peledak yang dianggap meledak secara bersamaan (selisih waktu meledak kurang dari sama dengan 8 ms) akan makin kecil sehingga tingkat vibrasi yang dihasilkan cenderung akan makin kecil. Tetapi perlu diperhatikan

bahwa agar tingkat vibrasi yang dihasilkan kecil, maka jumlah lubang ledak yang memiliki interval *delay* kurang dari sama dengan 8 ms harus diusahakan sesedikit mungkin, agar jumlah bahan peledak yang meledak per waktu tundanya sedikit.

G. Arah Peledakan

Arah peledakan adalah arah pengaruh getaran peledakan, dimana arah peledakan menyesuaikan dengan letak *initiation point* pada rangkaian yang telah ditentukan sebagai lubang bukaan pertama yang meledak. Sesuai dengan konsep mekanisme pecahan batuan peledakan, adanya gaya tarik dan gaya tekan yang bekerja pada saat peledakan sehingga arah rambatan getaran sesuai konsep tersebut.

2.4.7 Standar Vibrasi

Telah banyak riset yang dilakukan selama bertahun-tahun untuk memahami dan mengontrol getaran. Dalam menentukan getaran peledakan tersebut aman terhadap daerah lokasi peledakan, baik itu lereng tambang dapat diketahui faktor keamanan lereng sehingga dapat ditentukan ambang batas percepatan puncak di batuan dasar (S_B) di Kabupaten Muara Enim adalah 0,03 g yang dapat diterima lereng. Sehingga berdasarkan data tersebut PT. Bukit Asam, Tbk melalui Satuan Kerja Eksplorasi dan Geologi menyatakan bahwa standar vibrasi percepatan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 0,03 g.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Sejarah Perusahaan

PT. Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim mengawali kegiatan eksplorasi pada tahun 1915 sampai tahun 1918 dan mulai memproduksi pada tahun 1919 dengan menggunakan metode penambangan terbuka (*strip mine*) di wilayah operasi pertama, yaitu di TAL (Tambang Air Laya). PT. Bukit Asam, Tbk adalah Badan Usaha Milik Negara yang didirikan pada tanggal 2 Maret 1981 berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 42 Tahun 1980 dengan kantor pusat di Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

Pengelolaan Tambang Batubara di Tanjung Enim telah mengalami beberapa kali perubahan pengurus, lembaga-lembaga yang mengurus adalah:

1. Tahun 1919-1942 oleh Pemerintah Hindia Belanda.
2. Tahun 1942-1945 oleh Pemerintah Militer Jepang.
3. Tahun 1945-1947 oleh Pemerintah Republik Indonesia.
4. Tahun 1947-1949 oleh Pemerintah Belanda (Agresi II).
5. Tahun 1949-sekarang oleh Pemerintah Republik Indonesia.
6. Tahun 1959-1960 oleh Biro Urusan Perusahaan Tambang Negara (BUPTAN).
7. Tahun 1961-1967 oleh Badan Pimpinan Umum (BPU) Perusahaan Tambang Batubara.
8. Tahun 1968-1980 oleh PN Tambang Batubara.

9. Tahun 1981 – 26 November 2018 oleh PT. Bukit Asam (Persero), Tbk.
10. 27 November 2018 – sekarang karena PTBA melakukan *holding* dengan PT. Antam, PT. Timah, PT. Inalum sehingga berganti nama menjadi PT. Bukit Asam, Tbk.

Tahun 1981-sekarang oleh PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan dalam Repelita III Pemerintah Indonesia membuat Proyek Pengembangan Pertambangan dan Pengangkutan Batubara, yang meliputi kegiatan:

1. Pengembangan Tambang Batubara Bukit Asam (PTBA).
2. Pengembangan Pelabuhan Batubara (PTBA).
3. Pengembangan Angkutan Darat (Perumka).
4. Pengembangan Angkutan Laut (PT. PANN/PT. Pelayaran Bahtera Adhiguna).

Maka sesuai dengan program pengembangan ketahanan energi nasional, pada 1993 Pemerintah menugaskan Perseroan untuk mengembangkan usaha briket batubara dan pada Desember 2002 Perseroan mencatatkan diri sebagai perusahaan publik di Bursa Efek Indonesia dengan kode “PTBA”.

Tujuan proyek ini terutama untuk memasok kebutuhan Batubara bagi PLTU Suralaya Provinsi Jawa Barat, selain itu juga untuk memenuhi industri lainnya baik di dalam negeri maupun luar negeri.

3.2 Struktur Organisasi

Penyusunan struktur organisasi ini telah dilakukan atas dasar spesifikasi lengkap dengan fungsi yang melekat agar mampu mendukung pencapaian target secara optimal dan dipertanggungjawabkan, bagan alir struktur organisasi PTBA pada **Lampiran A**.

3.3 Lokasi Wilayah Izin Usaha Pertambangan

Lokasi penambangan PT. Bukit Asam, Tbk terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan jarak kurang lebih 186 km barat daya dari pusat Kota Palembang seperti pada **Lampiran B** dan **Lampiran C**.

Daerah operasional penambangan Banko Barat adalah salah satu wilayah operasional PT. Bukit Asam, Tbk yaitu sekitar 7 km dari Tanjung Enim ke arah timur. Secara administratif daerah Banko Barat termasuk daerah lokasi Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Pada umumnya kondisi topografi di daerah Banko Barat umumnya bergelombang dengan ketinggian 60 m sampai 110 m dpl.

Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) PT. Bukit Asam, Tbk terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan ketercapaian jarak kurang lebih 186 km barat daya dari pusat Kota Palembang. Wilayah IUP PT. Bukit Asam, Tbk 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.

3.4 Kondisi Geologi

3.4.1 Geologi Regional

Secara regional wilayah penambangan PT. Bukit Asam, Tbk termasuk dalam Sub Cekungan Palembang yang merupakan bagian dari cekungan Sumatera Selatan dan terbentuk pada zaman Tersier. Cekungan Sub Sumatera Selatan merupakan tempat terendapkannya batuan sedimen pembawa batubara berumur Tersier Akhir yaitu Formasi Muara Enim. Pada Tersier Akhir sampai Kuartar, kegiatan tektonik berlanjut dan menyebabkan sedimen yang berada di Sumatera terangkat, tersebar dan terlipat. Pada saat itu terbentuklah Antiklinorium Muara Enim. Sub Cekungan Sumatera Selatan secara struktural dapat dibagi menjadi Sub Cekungan Jambi dan Sub Cekungan Palembang yang diantara keduanya dipisahkan oleh sesar-sesar utama yang berhubungan dengan batuan dasar.

A. Fisiografi

Secara fisiografis daerah penelitian termasuk dalam Sub cekungan Sumatera Selatan dimana Cekungan yang terletak di sebelah timur Pegunungan Barisan yang meluas ke daerah lepas pantai dan dianggap sebagai suatu Cekungan *Foreland* atau *back arc*. Berbatasan dengan Pegunungan Tiga Puluh dan Pegunungan Dua Belas di bagian utara. Pada bagian timur berbatasan dengan Paparan Sunda serta dengan Tinggian Lampung di bagian selatan, sedangkan sebelah barat berbatasan dengan Bukit Barisan.

B. Stratigrafi

Sub Cekungan Sumatera Selatan yang memiliki urutan litologi terdiri atas dua kelompok besar, yaitu kelompok Telisa dan kelompok Palembang. Kelompok Telisa terdiri dari Formasi Lahat, Formasi Talangakar dan Formasi Batu Raja dan Formasi Gumai. Kelompok Palembang terdiri dari Formasi Air Benakat, Formasi Muara Enim dan Formasi Kasai. Dari kedua kelompok litologi yang ada di daerah penambangan PT. Bukit Asam, Tbk adalah Formasi Kasai, Formasi Muara Enim dan Formasi Air Benakat pada geologi daerah penelitian Banko Barat. Endapan Tersier pada Cekungan Sumatera Selatan dari yang tua sampai dengan yang muda menjadi beberapa formasi seperti pada **Lampiran D**, yaitu antara lain :

1. Satuan Gunung Api Muda

Satuan Gunung Api Muda terdiri dari Breksi dan Tuf, sebarannya menempati bagian selatan daerah Kabupaten Muara Enim dengan membentuk morfologi perbukitan tinggi dan menyatu dengan deretan Pegunungan Bukit Barisan.

2. Andesit

Intrusi Andesit di Bukit Asam diperkirakan terjadi sesudah orogenesis Plio-Plistosen, dimana struktur geologi di daerah Bukit Asam berbentuk seperti kubah/*antiform* karena telah berasosiasi dengan dengan batuan beku (Andesit).

3. Aluvium

Formasi ini tersusun dari hasil endapan sungai dan pantai. Terdiri dari pasir, kerikil, lumpur dan sisa tumbuhan.

4. Formasi Kasai

Formasi Kasai diendapkan selaras diatas Formasi Muara Enim. Formasi ini tersusun oleh Batu Tufaan yang dicirikan berwarna putih, Batulempung dan sisipan batubara tipis seperti yang tersingkap di daerah Suban. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah darat sampai transisi.

5. Formasi Muara Enim

Formasi Muara Enim diendapkan selaras di atas Formasi Benakat. Formasi ini berumur Miosen atas yang tersusun oleh Batupasir, Batulanau, Batulempung, dan Batubara. Formasi ini merupakan pengendapan lingkungan laut neritik sampai rawa, dengan ketebalan berkisar antara 150-750 m.. Pada bagian atas formasi ini sering terdapat tufa atau lempung tufaan. Formasi ini juga merupakan formasi pembawa Batubara.

6. Formasi Air Benakat

Formasi Air Benakat diendapkan selaras di atas Formasi Gumai yang berumur Miosen tengah tersusun oleh Batulempung pasiran dan Batupasir Glaukonitan. Formasi Air Benakat diendapkan pada lingkungan laut neritik dan berangsur menjadi laut dangkal, dengan ketebalan antara 100-800 m.

C. Struktur Geologi

Struktur geologi regional di pulau Sumatera terutama Sumatera Selatan merupakan bagian dari pola struktur geologi yang dikontrol oleh pergerakan lempeng Samudra Hindia-Australia dan salah satu pengaruh dari tumbukan itu adalah terbentuknya cekungan-cekungan di pulau Sumatera.

Pada Cekungan Sumatera Selatan ada struktur perlipatan akibat Orogenesa Plio-Plistosen yang terbagi atas 3 yaitu, Antiklinorium utama dari selatan ke utara, Antiklinorium Muara Enim dan Antiklinorium Pendop-Benakat. Di Tanjung Enim terdapat Antiklinorium Pendop-Benakat dan Antiklinorium Muara Enim dengan struktur agak curam dan asimetris juga sesar naik yang mempengaruhi penyebaran lapisan batubara.

3.4.2 Geologi Daerah Penelitian

Sebagian besar daerah penelitian merupakan daerah yang telah mengalami perubahan morfologi yang disebabkan oleh kegiatan penambangan dan penimbunan sementara material sisa penambangan.

A. Morfologi

Secara umum daerah tambang PT. Bukit Asam, Tbk mempunyai bentuk permukaan yang bervariasi mulai dari dataran rendah hingga perbukitan. Pada bagian selatan tambang terdapat dataran rendah, yaitu daerah yang terdapat aliran sungai-sungai kecil yang bermuara di Sungai Enim dan Sungai Lematan dengan ketinggian ± 50 m di atas permukaan

laut. Sedangkan daerah perbukitan terdapat di bagian barat dengan elevasi tertinggi ± 282 m di atas permukaan laut juga terdapat Sungai Lawai. Pada kedua daerah ini banyak dijumpai vegetasi yang sebagian besar merupakan tumbuhan hutan tropika dan semak belukar.

B. Litologi

Litologi yang dijumpai di daerah penambangan Banko Barat berada di Formasi Muara Enim. Perlapisan di tambang Banko Barat terdiri dari tiga lapisan Batubara yaitu Manggus, Suban dan Petai.

1. Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*)

Tanah penutup terdiri dari endapan sungai tua (pasir dan kerikil) Batulempung dan Batulanau 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 Batupasir 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 Tufaan berwarna putih dan abu-abu. Secara keseluruhan lapisan ini memperlihatkan adanya struktur *graded bedding* dengan Batupasir Konglomerat pada bagian dasar, Batulanau, dan batulempung.

4. Lapisan Batubara A2

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 4,5 m.

5. Lapisan *Interburden* A2 – B

Lapisan ini dicirikan dengan Batulempung, serta sisipan Batupasir.

6. Lapisan Batubara B1

Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 12,7 m dan terdapat sisipan Batulempung.

7. Lapisan *Interburden* B1 – B2

Lapisan ini mengandung Batulempung dan Batulanau yang tipis.

8. Lapisan Batubara B2

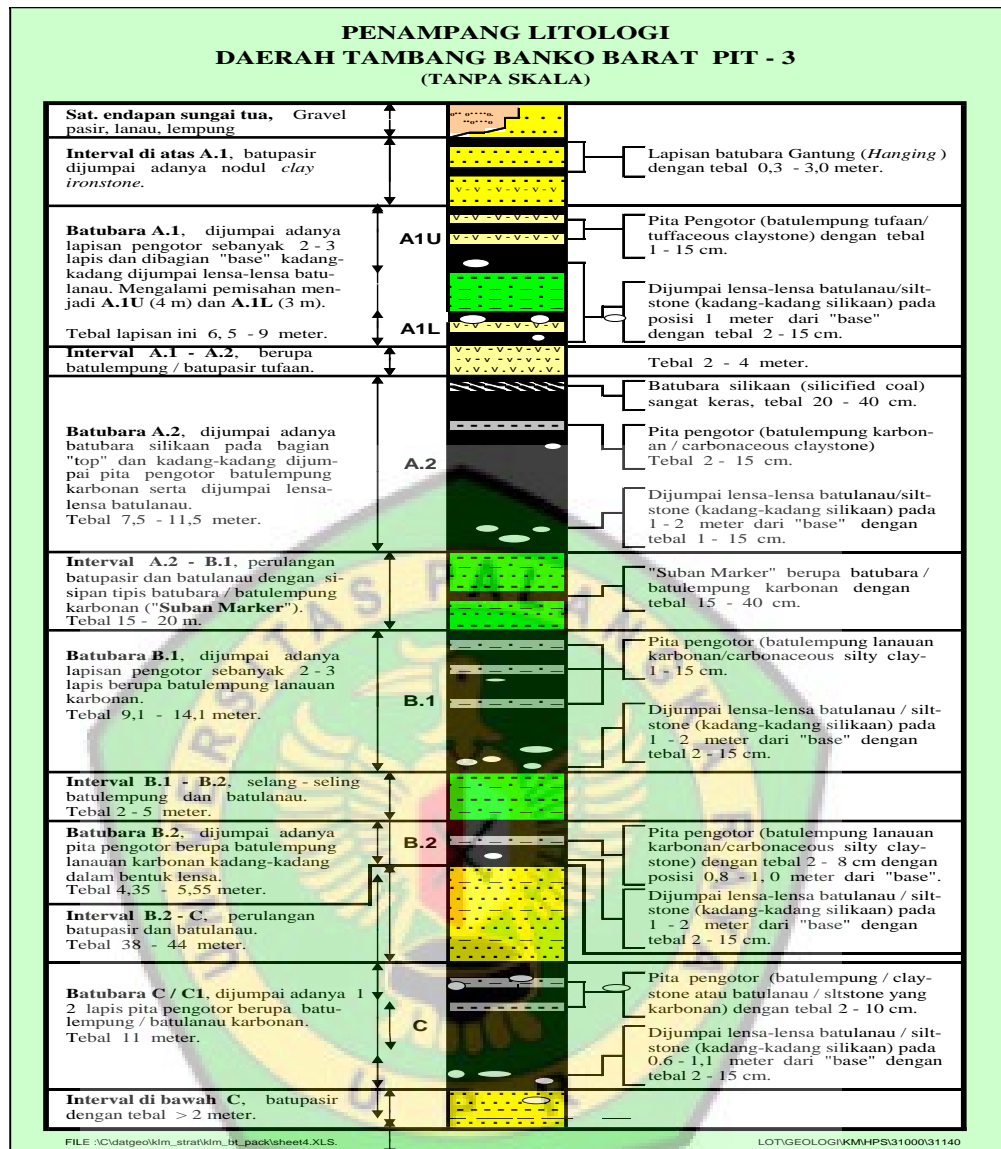
Lapisan Batubara ini memiliki ketebalan 4,5 m.

9. Lapisan *Interburden* B2 – C

Lapisan ini mengandung Batulanau, Batupasir, dan sisipan Batulanau serta terdapat mineral Glaukonitan.

10. Lapisan Batubara C

Lapisan Batubara memiliki ketebalan 11,5 m dengan sisipan tipis Batulempung dan dibawahnya terdapat Batulanau. Penampang litologi daeran Pit 3 Timur Banko Barat PTBA seperti pada **Gambar 3.1** :



(Sumber : Satuan Kerja Eksplorasi dan Geologi PT. Bukit Asam, Tbk)

Gambar 3.1 Litologi Daerah Penelitian

C. Struktur Geologi

Berdasarkan survei lapangan, lapisan batuan yang berada pada daerah penelitian memiliki jurus per lapisannya berorientasi barat laut-tenggara dengan kemiringan lapisan relatif ke utara dan selatan dari data tersebut diproyeksikan ke geologi regional sehingga di dapatkan bahwa di daerah penelitian ada kontrol struktur antiklin.

3.5 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan saat melakukan penelitian ialah :

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

3.6 Tata Laksana Penelitian

3.6.1 Langkah Kerja

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

1. Tahapan Persiapan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan usulan *time frame* selama melakukan penelitian dengan mempelajari buku-buku literatur dan hasil skripsi penulis terdahulu yang berkaitan dengan a_{maks} dari hasil peledakan, optimalisasi batasan a_{maks} 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 dan hasil getaran tanah hasil dari kegiatan peledakan. Hasil peledakan dikatan berhasil adalah getaran tanahnya tidak mempengaruhi permukiman dan dapat diterima lereng. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil orientasi di lapangan. Sedangkan data sekunder merupakan dokumen-dokumen penunjang dalam menulis laporan ini.

- a) Data Primer : Geometri peledakan, isian bahan peledak per *delay*, koordinat lokasi peledakan, koordinat lokasi pengukuran getaran peledakan, pola rangkaian peledakan dan letak *initition point* pada rangkaian dan nilai PPA.
- b) Data Sekunder : Litologi daerah penelitian, peta kesampaian daerah, peta geologi regional dan *blast report* dan *blast design*.

3. Tahap Pengelolaan dan Analisis Data

Pengelolaan dan analisis data dilakukan dengan tahapan berikut :

- a) Mengambil data tahapan-tahapan proses kegiatan peledakan dimulai dari pengeboran, untuk meninjau apakah terjadi penyimpangan penyebab PPA tidak terprediksi.
- b) Mengambil data geometri peledakan yang digunakan saat ini oleh perusahaan, untuk meninjau standar perusahaan terhadap fakta geometri di lapangan.
- c) Menghitung penggunaan bahan peledak yang dipakai, untuk mengetahui isian bahan peledak per *delay*.
- d) Menghitung jarak lokasi peledakan ke jarak pengukuran dengan menggunakan GPS, untuk mengetahui nilai getaran terhadap jarak peledakan.
- e) Mengambil data hasil peledakan berupa getaran tanah, data diambil dari pengukuran menggunakan *micromate* untuk mengetahui PPA yang dihasilkan dari kegiatan peledakan.

- f) Menganalisis data penyebab hasil getaran tanah sehingga didapat persamaan regresi *power* untuk memprediksi getaran, dengan analisis tersebut dengan menggunakan metode analisis regresi dengan pengaturan perhitungan *scaled distance vs peak particle acceleration* untuk mencari korelasi antara variabel terikat (PPA) dan variabel bebas (SD). Perhitungan SD vs PPA dilakukan dengan regresi non-linear model geometrik menggunakan aplikasi perangkat lunak *microsoft excel* sehingga didapat persamaan yang menyatakan hubungan antara SD dan PPA.
- g) Menghitung batasan getaran ke struktur di lokasi peledakan, persamaan korelasi SD terhadap PPA yang telah diperoleh digunakan untuk menganalisis faktor yang mempengaruhi getaran tanah. Dengan diketahui faktor yang mempengaruhi getaran tanah, maka dapat dilakukan beberapa upaya untuk meminimalkan.

4. Tahapan Penyusunan Laporan Skripsi

Setelah menganalisis data, maka dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan rumusan masalah dari penelitian. Hasil dari pengambilan dan pengolahan data keseluruhan dirangkum menjadi laporan tertulis untuk dipertanggungjawabkan dalam bentuk laporan penelitian skripsi.

3.6.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pada penelitian skripsi ialah :

1. Metode Pustaka

Dilakukan dengan cara mencari literatur mengenai kegiatan produksi, baik berupa data yang diberikan pihak perusahaan dan materi yang didapat dari kampus.

2. Metode Observasi (Pengamatan)

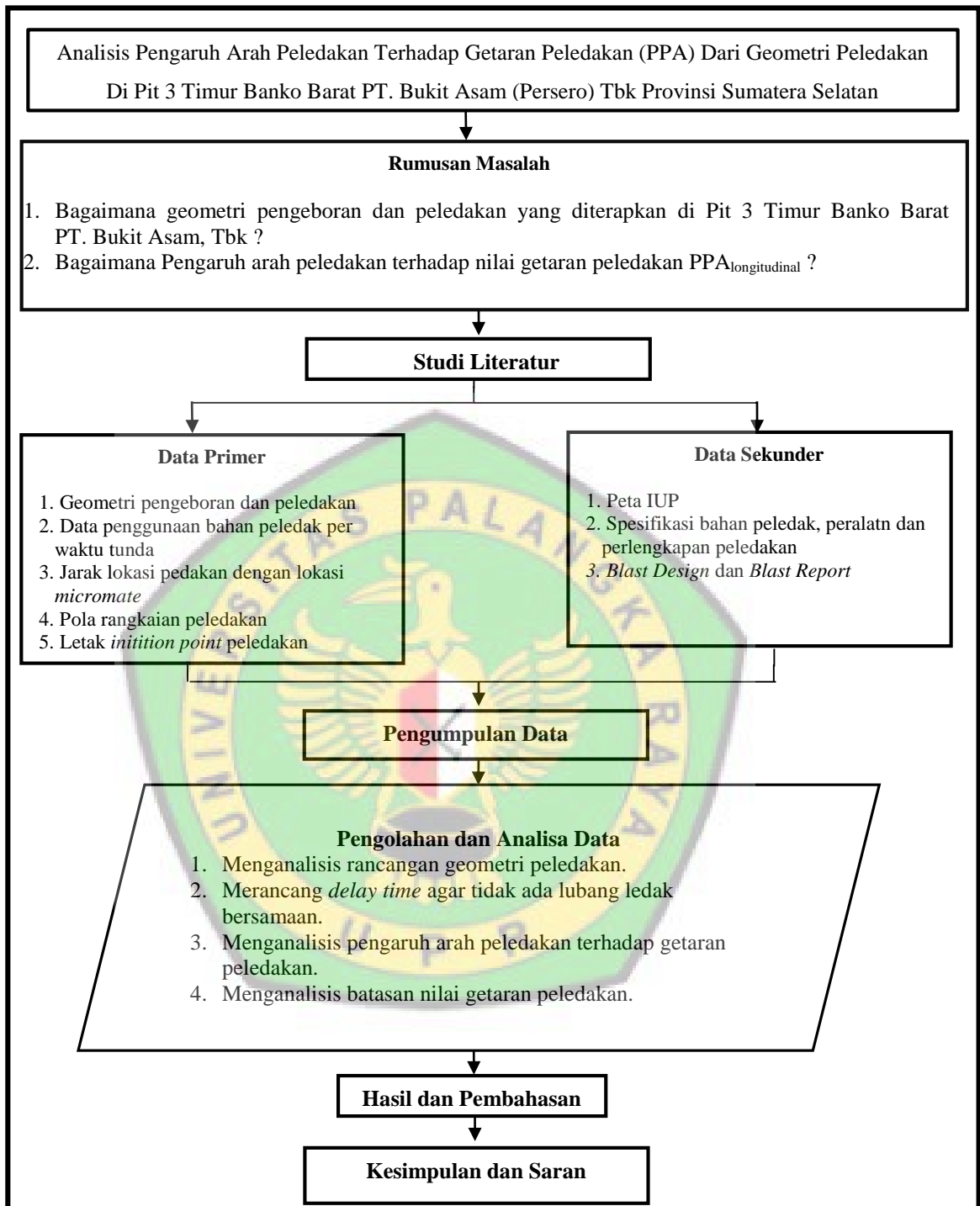
Metode ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan secara langsung dilapangan, dimana dalam pengamatan langsung tersebut dapat dianalisis faktor-faktor yang dapat mempengaruhi data.

3. Metode Kuantitatif

Dimana metode ini, peneliti mencari data matematis yang dapat menganalisis penyebab besarnya nilai getaran peledakan. Dimana datanya seperti berat bahan peledak, jarak peledakan, waktu tunda dll.

3.7 Bagan Alir Penelitian

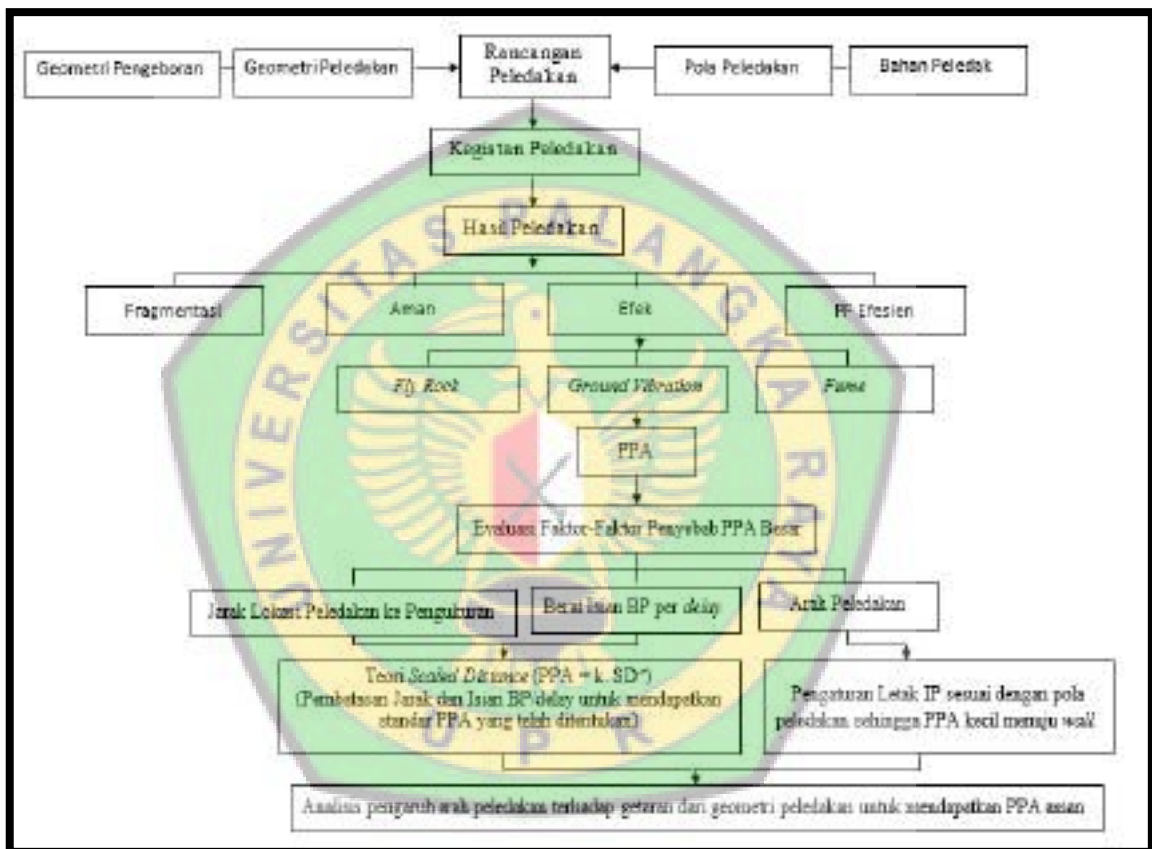
Secara keseluruhan kegiatan penelitian dapat dijabarkan ke dalam bagan alir pada **Gambar 3.2**, dimana bagan alir tersebut berisi data primer dan data sekunder yang digunakan dalam pengolahan data sehingga menghasilkan kesimpulan yang dapat menganalisis penyebab permasalahan dalam penelitian.



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

3.8 Kerangka Pemikiran Penelitian

Pada **Gambar 3.3** adalah kerangka berpikir peneliti dalam menganalisis permasalahan dalam penelitian, dimana peneliti menganalisis faktor penyebab yang dapat meningkatkan getaran peledakan (PPA) sebagai berikut :



Gambar 3.3 Kerangka Pemikiran Penelitian

3.9 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian berlangsung dari Tanggal 01 Oktober 2018 - 5 Desember 2018 pada PT. Bukit Asam, Tbk Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Dengan rincian pelaksanaan kegiatan sebagai berikut seperti pada **Tabel 3.1**.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pengeboran dan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Hasil kegiatan penelitian pada kegiatan pengeboran dan peledakan yang dilakukan pada Pit 3 Timur Banko Barat merupakan salah satu Pit yang berada dalam lokasi IUP PT. Bukit Asam, Tbk (PTBA), dimana pengerjaannya dipercayakan kepada sub kontraktor PT. Dahana (Persero) sebagai *service blasting*.

A. Pengeboran (*Drilling*)

Pengeboran adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk menciptakan lubang-lubang yang akan diisi bahan peledak (ANFO), sehingga lubang tersebut dapat meledak hingga dapat memberaikan batuan.

1. Alat Bor

Alat bor yang digunakan untuk membuat lubang-lubang yang akan diisi bahan peledak (ANFO) di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah *Drilltech D245S Sandvik* seperti pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 *Unit Bor D245S*

2. Geometri Pengeboran

Geometri pengeboran meliputi diameter lubang bor, kedalaman lubang, tinggi jenjang, arah pengeboran dan pola pengeboran.

a) Diameter Lubang Bor

Diameter lubang ledak di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 200 mm ($7\frac{7}{8}$ inch).

b) Kedalaman Lubang Ledak

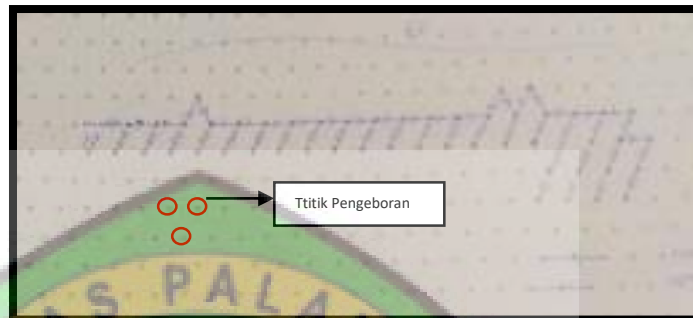
Kedalaman lubang ledak yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 7 - 8 meter dan tanpa menggunakan *subdrilling*.

c) Kemiringan Lubang Ledak

Di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk menggunakan arah pemboran yang vertikal 90° atau tegak lurus.

d) Pola pengeboran

Pola pengeboran yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah pola pengeboran selang-seling (*staggerd pattern*) dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Pola Pengeboran

B. Peledakan (*Blasting*)

Peledakan adalah salah satu metode pembongkaran batuan atau bahan galian, terutama untuk material yang memiliki kekerasan relatif keras. Kegiatan peledakan yang digunakan pada dunia pertambangan dikatakan berhasil apabila target produksi terpenuhi, aman, penggunaan bahan peledak secara efisien dan meminimalisir dampak peledakan.

1. Geometri Peledakan

Pemilihan geometri ledakan di PT. Bukit Asam, Tbk didasari oleh diameter pengeboran yang digunakan, tinggi jenjang dan litologi batuan yang akan diledakan dan teknik *try and error*. Seperti penjelasan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Geometri Peledakan

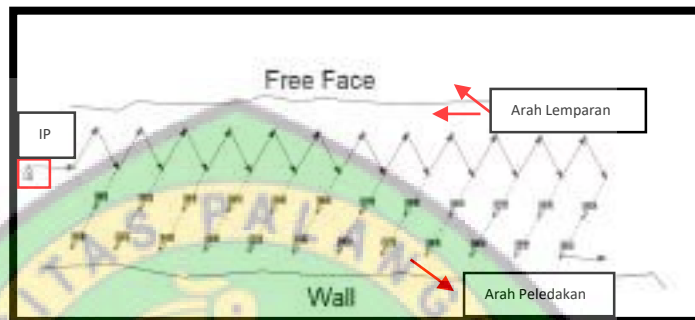
Geometri Peledakan	
Diameter Lubang Ledak (Φ)	200 mm
Kedalaman Lubang Ledak (H)	8 m
<i>Burden</i> (B)	8 m
<i>Spacing</i> (S)	9 m
<i>Stemming</i> (T)	3-4 m
<i>Angle</i> (α)	90°
<i>Powder Coloum</i> (PC)	3-4 m
<i>Powder Factor</i> (PF)	0,16 – 0,19 kg/bcm

Dimana pengaplikasian rumus *rule of thumbs* pada geometri peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah sebagai berikut :

- *Burden* (B) = $K_b (25 - 40) \times D$
 $= 40 \times 200 \text{ mm} = 8 \text{ m}$
- *Spacing* (S) = $K_s (1,15) \times B$
 $= 1,15 \times 8 \text{ m} = 9,2 \text{ m} \approx 9 \text{ m}$
- *Powder Column* (PC) = $K_{pc} (\geq 20) \times D$
 $= 20 \times 200 \text{ mm} = 4 \text{ m}$
- *Stemming* (T) = $K_t (\geq 20) \times D$
 $= 20 \times 200 \text{ mm} = 4 \text{ m}$
- Kedalaman Lubang Ledak (H) = PC + T
 $= 4 + 4 = 8 \text{ m}$

2. Arah Peledakan

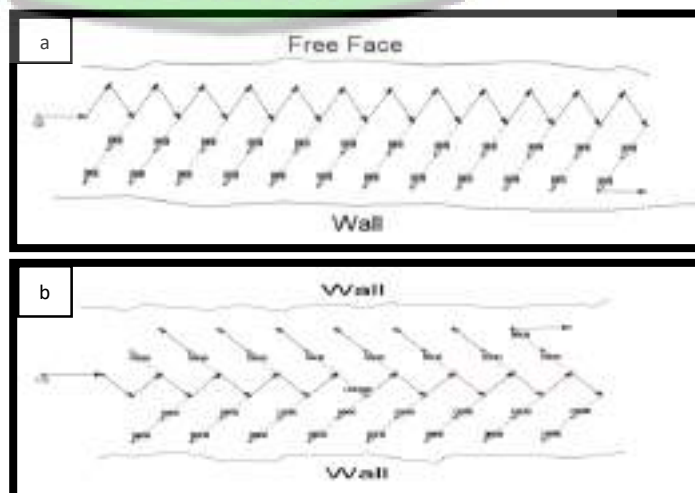
Arah peledakaan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk seperti pada **Gambar 4.3** adalah dimana arah peledakan dan arah getarannya diusahakan menjauhi *wall* di sekitar lokasi peledakan.



Gambar 4.3 Arah Peledakan

3. Pola Peledakan

Pola peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah *echelon cut* dan *box cut* yang disesuaikan dengan jumlah *free face* yang tersedia di lokasi peledakan. Pola peledakannya seperti pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Pola Peledakan (a) *Echelon Cut* dan (b) *Box Cut*

4. Metode Peledakan

Metode peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah *Non-Electric (Nonel)*.

5. Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah ANFO (*Ammonium Nitrate* dan *Fuel Oil*).

6. Peralatan Peledakan

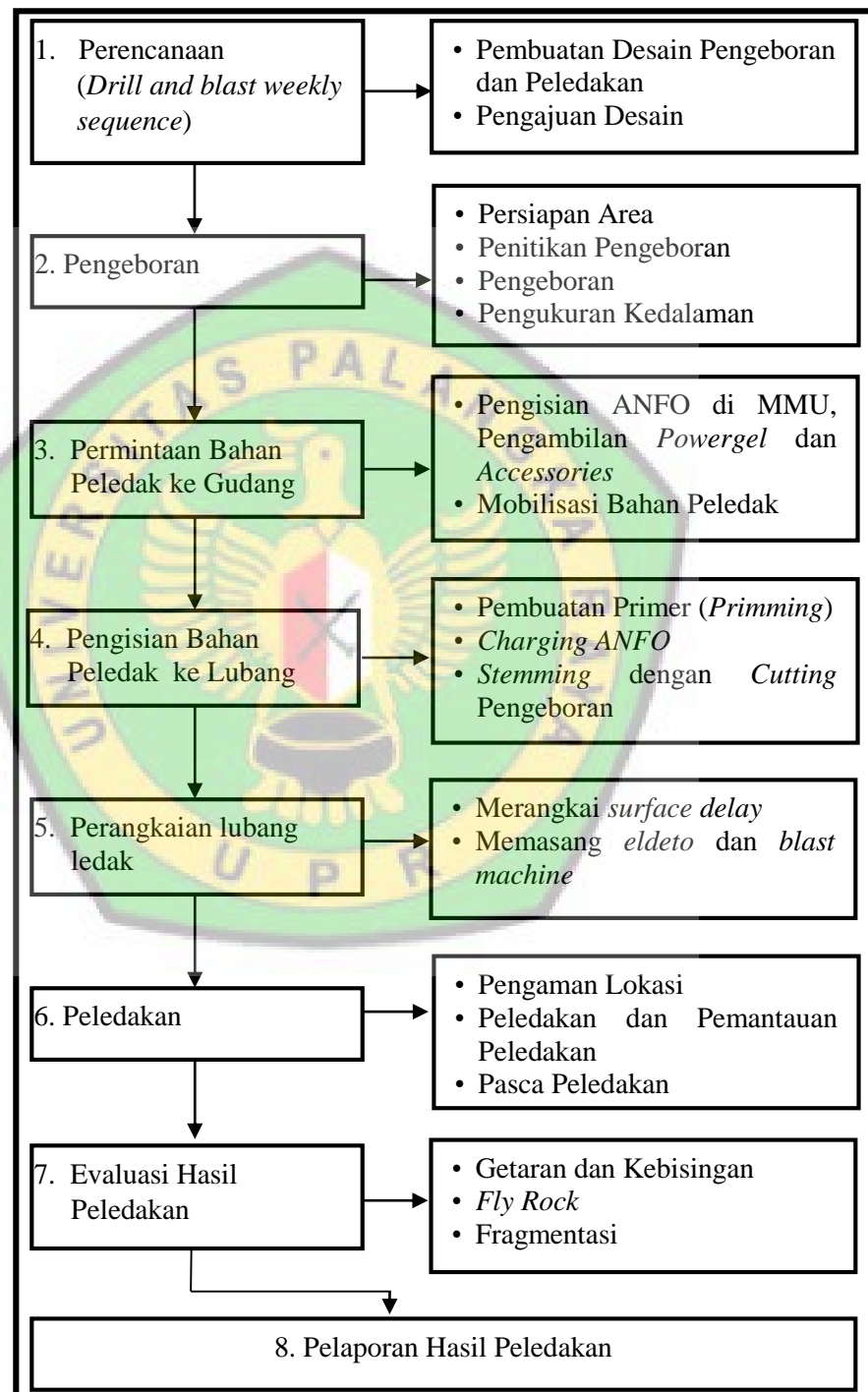
Peralatan peledakan (*blasting equipment*) adalah alat-alat yang diperlukan untuk mempersiapkan area, menguji dan menyalakan rangkaian peledakan agar dapat meledak sesuai SOP, sehingga alat tersebut dapat digunakan berulang-ulang. Berikut adalah peralatan pada kegiatan pengeboran dan peledakan pada **Lampiran E**.

7. Perlengkapan Peledakan

Perlengkapan peledakan (*blasting accessories*) adalah material yang diperlukan untuk membuat rangkaian peledakan sehingga isian bahan peledak dapat dinyalakan untuk diledakkan. Perlengkapan peledakan ini hanya dapat dipakai sekali saja. Berikut adalah perlengkapan pada kegiatan pengeboran dan peledakan pada **Lampiran F**.

C. Tahapan Kegiatan Pengeboran dan Peledakan

Pada **Gambar 4.5** adalah kegiatan pengeboran dan peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk :



Gambar 4.5 Tahapan Kegiatan Peledakan

4.1.2 Hasil Pengukuran Getaran Akibat Kegiatan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

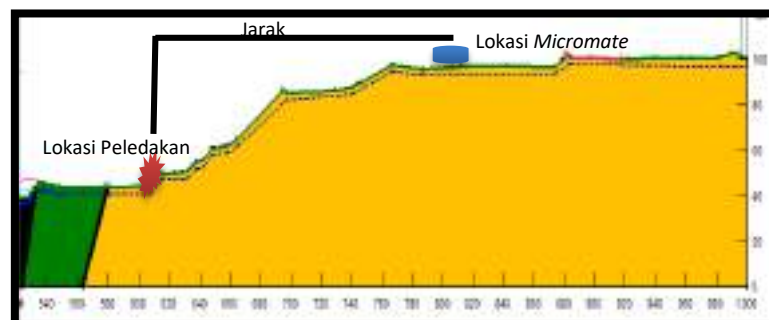
A. Lokasi dan Kondisi Daerah Pengukuran Getaran Kegiatan Peledakan

Lokasi penelitian berada di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk, dimana penampakan *side wall*, *low wall* dan *high wall* seperti pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Pada pengambilan data getaran kegiatan peledakan di sekitar lokasi peledakan seperti pada **Gambar 4.7**, *wall* yang dekat dengan lokasi peledakan dianggap sangat berpengaruh terhadap getaran peledakan karena getaran tidak melewati *free face* sehingga cenderung besar.



Gambar 4.7 Simulasi Pengambilan Data Getaran Kegiatan Peledakan

Pada **Gambar 4.8** menggambarkan kondisi daerah pada penempatan alat ukur (*micromate*) untuk mengukur getaran akibat peledakan berada pada lokasi tanah asli yang disesuaikan dengan kondisi tanah dan kondisi lapangan.



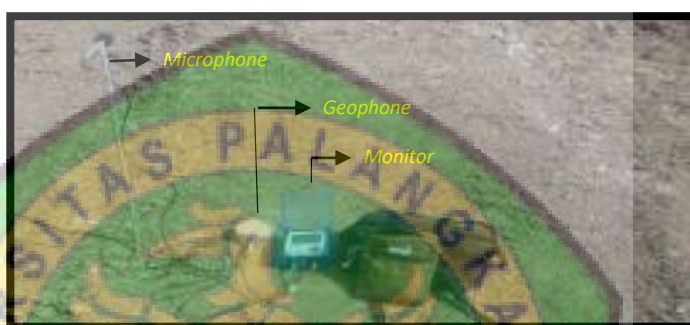
Gambar 4.8 Kondisi Lokasi Tanah Asli Pengukuran Getaran Kegiatan Peledakan

B. Litologi Lokasi Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Lapisan batuan yang diledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA adalah lapisan batuan Interval B2-C yaitu perulangan Batupasir dan Batulempung dengan material dominan Batupasir. Dimana dilihat dari penampang **Gambar 3.1** bahwa ketebalan *interburden* B2-C ± 38 m di lapangan, melalui penampang litologi bahwa *interburden* di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA yang akan diledakan adalah perulangan Batupasir dan Batulempung dengan kekerasan batuan (*hardness*) adalah 2,3 dan *specific gravity* (SG) adalah 2,09 gr/cc. Oleh karena kekerasan Batupasirnya adalah 2,3 sehingga penggunaan bahan peledak ANFO yang tepat digunakan adalah 82-106 kg yang ditetapkan perusahaan untuk menyesuaikan dengan keadaan di lapangan dan keadaan teknis.

C. Alat Ukur Getaran di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Alat ukur getaran akibat peledakan yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA adalah *micromate* seperti pada **Gambar 4.9** untuk mengukur getaran peledakan terhadap *wall*. *Micromate* terdiri dari *geophone*, *monitor* dan *microphone* untuk mengukur getaran dan suara dari kegiatan peledakan.



Gambar 4.9 *Micromate*

D. Hasil Pengukuran Getaran Akibat Peledakan (*Ground Vibration*)

Dalam menentukan getaran akibat peledakan, geometri peledakan adalah salah satu faktor yang sangat mempengaruhi besarnya getaran peledakan yang dihasilkan. Berikut adalah data yang diperlukan untuk mendapatkan nilai batasan kritis jarak peledakan dari lokasi peledakan ke *wall* (geometri pengeboran dan peledakan, isian bahan peledak per *delay*, jarak peledakan dan arah peledakan) seperti pada **Tabel 4.2** dan **Lampiran G**. Nilai getaran peledakan yang digunakan untuk dianalisis adalah PPA (*peak particle acceleration*). Gelombang yang ditampilkan dari data *micromate* adalah gelombang *transversal*, *vertical* dan *longitudinal*. Akan tetapi gelombang yang dianalisis dalam penelitian ini adalah PPA_{longitudinal}.

Tabel 4.2 Data Lapangan Kegiatan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Tanggal	Lokasi Peledakan	Jumlah Lubang	Diameter (inch)	Burden (m)	Spacing (m)	Depth (m)	Isian/Lubang (Kg)			Total Isian Perlubang (kg)	In hole Delay (m/s)	Surface Delay		Jumlah Jeda 3000 ms	Pola Peledakan	Volume Peledakan (BCM)	Powder Factor (kg/bcm)
							Dayagel	AN	FO			Control	Echelon				
24/10/2018	LW Selatan	32	7,875	8	9	7,9	0,182	90	5,238	95,420	500	42	67	1	Echelon	18202	0,168
	LW Tenggara	28	7,875	8	9	7,9	0,182	90	5,238	95,420	500	42	67	1	Echelon	15926	0,168
26/10/2018	SW Timur	40	7,875	8	9	7,8	0,182	90	5,238	95,420	3000	42	109	0	Echelon	22464	0,170
29/10/2018	LW Selatan	50	7,875	8	9	7,9	0,182	90	5,238	95,420	3000	42	109	0	Echelon	28440	0,168
15/11/2018	LW Selatan	50	7,875	8	9	8	0,182	90	5,238	95,420	3000	42	109	0	Echelon	28800	0,166
23/10/2018	LW Tenggara	60	7,875	8	9	7,7	0,182	83,3	4,848	88,330	500	42	67	0	Box Cut	33264	0,159
27/10/2018	LW Selatan	90	7,875	8	9	7,5	0,182	88,9	5,174	94,256	3000	42	109	1	Box Cut	48600	0,175
30/10/2018	SW Timur	50	7,875	8	9	7,5	0,182	87	5,063	92,245	3000	42	109	1	Box Cut	27000	0,171
31/10/2018	SW Timur	50	7,875	8	9	7,6	0,182	87	5,063	92,245	500	42	109	1	Box Cut	27360	0,169
06/11/2018	SW Timur	50	7,875	8	9	7,7	0,182	90	5,238	95,420	3000	42	67	0	Box Cut	27720	0,172
08/11/2018	LW Selatan	50	7,875	8	9	7,7	0,182	100	5,820	106,002	3000	42	67	1	Box Cut	27720	0,191
09/11/2018	LW Selatan	40	7,875	8	9	7,9	0,182	90	5,238	95,420	3000	42	109	0	Box Cut	22752	0,168
13/11/2018	SW Timur	40	7,875	8	9	8	0,182	90	5,238	95,420	3000	42	109	0	Box Cut	23040	0,166
16/11/2018	LW Tenggara	50	7,875	8	9	8	0,182	86	5,005	91,187	3000	67	109	0	Box Cut	28800	0,158
17/11/2018	LW Tenggara	50	7,875	8	9	8	0,182	90	5,238	95,420	3000	67	109	0	Box Cut	28800	0,166

Keterangan :

- Dayagel* : Bahan peledak yang berkekuatan tinggi dan beremulsi sensitif yang kuat.
 AN : *Ammunium Nitrate*.
 FO : *Fuel Oil* (Solar).
In hole delay : Pengantar sumbu api ke setiap lubang untuk menginisiasi *dayagel*.
Surface delay : Pengantar sumbu api ke setiap baris dan lubang untuk menginisiasi *in hole delay*.
Powder factor : Jumlah isian bahan peledak untuk membraikan batuan dalam satuan volume/Bcm.

1. Jarak Lokasi Peledakan Dengan Pengukuran Untuk Menghasilkan Simulasi Persamaan Regresi Peledakan

Untuk mendapatkan jarak peledakan dengan lokasi pengukuran menggunakan GPS (*Global Positioning System*), seperti pada **Tabel 4.3** adalah *northing*, *easting* dan *altitude* dari pengukuran GPS. Dari data GPS, dengan menggunakan persamaan *pythagoras* dapat mengetahui jarak lokasi peledakan ke lokasi pengukuran getaran kegiatan peledakan. Berikut adalah data dari GPS :

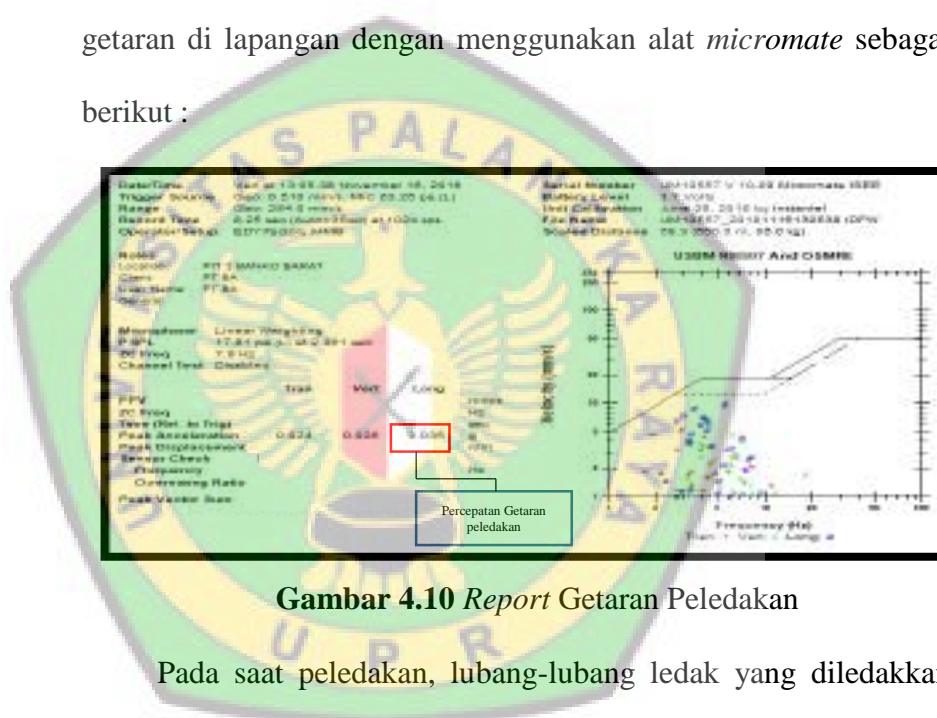
$$S = \sqrt{(North_{ledak} - North_{ukur})^2 + (East_{ledak} - East_{ukur})^2}$$

Tabel 4.3 Jarak Lokasi Peledakan ke Pengukuran

Tanggal	Koordinat Pit		Koordinat Pengukuran	
	<i>Easting</i>	<i>Northing</i>	<i>Easting</i>	<i>Northing</i>
24/10/2018	371328	9585787	370907	9585979
	371478	9585736	371000	9585756
26/10/2018	371478	9585764	371227	9585600
29/10/2018	371289	9585807	370813	9585807
15/11/2018	371302	9585835	371021	9585932
23/10/2018	371272	9585806	370833	9585937
27/10/2018	371455	9585831	371404	9585581
30/10/2018	371538	9585777	371174	9585791
31/10/2018	371495	9585870	371174	9585781
06/11/2018	371512	9585853	371128	9585793
08/11/2018	371253	9585812	371008	9585897
09/11/2018	371324	9585755	370876	9585924
13/11/2018	371375	9585848	371055	9585851
16/11/2018	371370	9585843	370891	9585838
17/11/2018	371375	9585820	370875	9585834

2. Nilai Getaran Peledakan Terhadap Jarak Pengukuran Untuk Menghasilkan Simulasi Persamaan Regresi

Micromate adalah alat untuk mengukur hasil getaran kegiatan peledakan. Dimana pembacaan *micromate* dari hasil getaran peledakan, dapat membaca gelombang *transversal*, *vertical* dan *longitudinal*. Berikut pada **Gambar 4.10** adalah hasil pengukuran getaran di lapangan dengan menggunakan alat *micromate* sebagai berikut :



Gambar 4.10 Report Getaran Peledakan

Pada saat peledakan, lubang-lubang ledak yang diledakkan diusahakan tidak meledak secara bersamaan. Karena akan berdampak terhadap besarnya nilai getaran peledakan. Karena itu, rangkaian *surface delay* peledakan dianalisis dengan menggunakan simulasi peledakan pada *software ShotPlus-i menu bar calculations (time envelope)* untuk mengetahui lubang ledak bersamaan. Pada **Gambar 4.11**, diketahui bahwa pada kegiatan peledakan masih ditemukan ada lubang yang meledak secara bersamaan yang dapat

mempengaruhi besarnya getaran peledakan. Sedangkan pada **Gambar 4.12**, tidak ditemukan lubang yang meledak secara bersamaan, dibuktikan dari *time envelope* pada aplikasi *ShotPlus-i*. Dimana simulasi rangkaian *surface delay* peledakan sebagai berikut.



Gambar 4.11 Simulasi untuk Lubang Meledak Secara Bersamaan



Gambar 4.12 Simulasi untuk Lubang Tidak Meledak Secara Bersamaan

Dari **Tabel 4.4** hasil pengukuran getaran peledakan, bahwa ada faktor dominan yang mempengaruhi nilai PPA yaitu *Scaled Distance*. *Scaled Distance* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jarak lokasi ke lokasi pengukuran dan berat isian bahan peledak per *delay*. Dari kegiatan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk dari analisis simulasi *tie up* bahwa masih ditemukan lubang yang meledak secara bersamaan sehingga mempengaruhi nilai PPA .

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Getaran Akibat Peledakan

Tanggal	Jumlah Lubang	Pola Peledakan	Letak <i>Initition Point</i>	Isian Perlubang (kg)	Lubang yang Meledak Bersamaan	Isian / <i>Delay</i> (kg)	Jarak Pengukuran (m)	SD	PPA Aktual (g)	PPA Prediksi (g)	Deviasi	% error	Konstanta Rata-Rata	
													K	m
24/10/2018	32	<i>Echelon</i>	<i>Wall</i>	95,420	1	95,420	463	47,369	0,013	0,017	0,004	30,769	3,131	-1,346
	28	<i>Echelon</i>	<i>Wall</i>	95,420	1	95,420	478	48,977	0,012	0,017	0,005	41,667		
26/10/2018	40	<i>Echelon</i>	<i>Free Face</i>	95,420	2	190,840	300	21,704	0,065	0,050	0,015	23,077		
29/10/2018	50	<i>Echelon</i>	<i>Wall</i>	95,420	1	95,420	476	48,729	0,013	0,017	0,004	30,769		
15/11/2018	50	<i>Echelon</i>	<i>Wall</i>	95,420	6	572,521	297	12,424	0,074	0,105	0,031	41,892		
23/10/2018	60	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	88,330	1	88,330	458	48,745	0,026	0,017	0,009	34,615		
27/10/2018	90	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	94,256	1	94,256	255	26,281	0,055	0,038	0,017	30,909		
30/10/2018	50	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	92,245	2	184,491	364	26,819	0,033	0,037	0,004	12,121		
31/10/2018	50	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	92,245	2	184,491	333	24,524	0,039	0,042	0,003	7,692		
06/11/2018	50	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	95,420	2	190,840	389	28,134	0,042	0,035	0,007	16,667		
08/11/2018	50	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	106,002	4	424,008	259	12,594	0,106	0,103	0,003	2,830		
09/11/2018	40	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	95,420	1	95,420	479	49,017	0,015	0,017	0,002	13,333		
13/11/2018	40	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	95,420	2	190,840	320	23,165	0,043	0,046	0,003	6,977		
16/11/2018	50	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	91,187	2	182,375	479	35,471	0,035	0,026	0,011	31,429		
17/11/2018	50	<i>Box Cut</i>	Pojok Tengah	95,420	1	95,420	500	51,206	0,016	0,016	0,000	0,000		

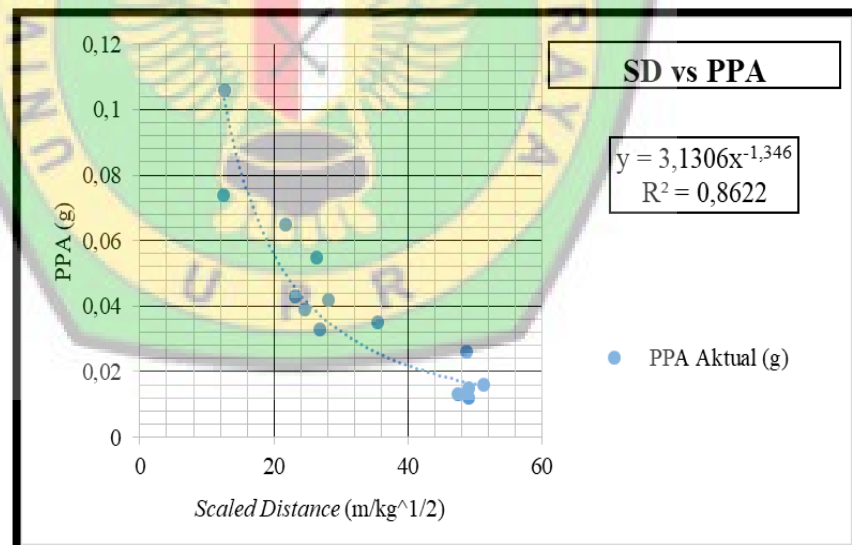
Keterangan :

Initition Point : Lubang awal yang akan diledakan pada rangkaian peledakan.

PPA_{Aktual} : Nilai getaran peledakan yang didapat dari pengukuran getaran peledakan menggunakan *micromate*.

PPA_{prediksi} : Nilai getaran peledakan yang didapat dari prediksi getaran dengan menggunakan persamaan regresi linear.

Dari pembacaan alat *micromate*, didapat data pada **Tabel 4.4** sehingga hasil getaran peledakan dan jarak peledakan ke lokasi pengukuran dapat dianalisis dengan menggunakan regresi *non-linear* model geometrik (regresi *power*) pada perangkat lunak *Microsoft Office Excel*, untuk mendapatkan persamaan rumus hubungan antara *peak particle acceleration* (PPA) dan *scaled distance* (SD). Sebelum data dianalisis, bahwa data harus mewakili satu data per setiap peledakan pada satu lokasi peledakan. Jadi satu variabel bebas hanya mengikat satu variabel tetap sehingga menghasilkan regresi yang baik. Hasil analisis regresi *power* dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13 Scaled Distance vs Peak Particle Acceleration

Dari data *micromate* untuk mendapatkan nilai PPA, data GPS untuk mendapatkan jarak dan aplikasi *ShotPlus-i* untuk mengetahui jumlah lubang ledak yang meledak bersamaan. Didapatkanlah persamaan regresi *linear* $y = 3,1306X^{-1,346}$ pada *Microsoft Office Excel*, dimana $K = 3,1306$ dan $e = -1,346$ dengan koefisien determinasi atau $R^2 = 0,8622$. Koefisien $R^2 = 0,8622$ menyatakan 86,22 % nilai PPA dipengaruhi oleh *scaled distance*, sedangkan 13,78 % dipengaruhi faktor lain seperti karakteristik dan sifat massa batuan, isian bahan peledak per *delay*, jarak pengukuran dan arah peledakan. Hasil analisis hubungan antara *scaled distance* dan PPA yang didapat dari hasil pengukuran getaran tanah pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa R (Koefisien korelasi) = 0,928 menyatakan terdapat hubungan yang sangat kuat antara *scaled distance* dan getaran akibat peledakan aktual (PPA) yaitu setiap penurunan *scaled distance* diikuti dengan peningkatan nilai PPA dan sebaliknya setiap peningkatan *scaled distance* dengan penurunan PPA.

a) Perhitungan Getaran Akibat Peledakan (*Ground Vibration*)

Perhitungan getaran akibat peledakan dapat diprediksi dengan menggunakan data di lapangan sebelumnya dengan menggunakan rumus *peak particle acceleration* (PPA) dari teori *scaled distance*, berikut ini adalah perhitungan PPA berdasarkan besarnya nilai *scaled distance* :

1) *Scaled Distance* Terkecil

Peledakan pada Tanggal 17 November 2018

- Konstanta terkait dengan kondisi lokasi (k) = 3,1306
- BP yang meledak per *delay* (w) = 95,420 kg/*delay*
- Jarak lokasi peledakan ke titik pengukuran = 500 m
- Eksponen yang terkait dengan kondisi lokasi = 1,346
- Nilai x = 2

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{PPA} &= k (\text{SD})^{-e} \\
 &= k \left(\frac{d}{w^{\frac{1}{2}}} \right)^{-e} \\
 &= 3,1306 \left(\frac{500}{95,420^{\frac{1}{2}}} \right)^{-1,346} \\
 &= 3,1306 (51,206)^{-1,346} \\
 &= 0,016 \text{ g}
 \end{aligned}$$

2) *Scaled Distance* Terbesar

Peledakan pada Tanggal 15 Oktober 2018

- Konstanta terkait dengan kondisi lokasi (k) = 3,1306
- BP yang meledak per *delay* (w) = 572,521 kg/*delay*
- Jarak lokasi peledakan ke titik pengukuran = 297 m
- Eksponen yang terkait dengan kondisi lokasi = 1,346
- Nilai x = 2

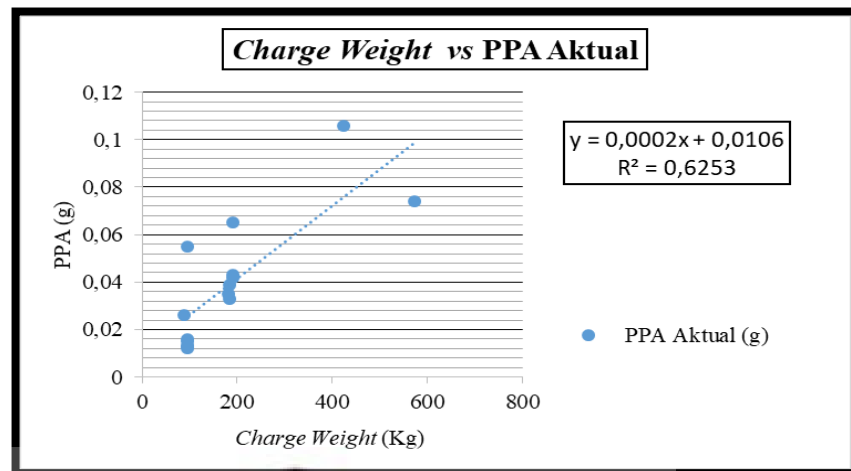
Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{PPA} &= k (\text{SD})^{-e} \\
 &= k \left(\frac{d}{w_2^1}\right)^{-e} \\
 &= 3,1306 \left(\frac{297}{572,521\frac{1}{2}}\right)^{-1,346} \\
 &= 3,1306 (12,424)^{-1,346} \\
 &= 0,105 \text{ g}
 \end{aligned}$$

3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Akibat Peledakan

a) Isian Bahan Peledak Perwaktu Tunda

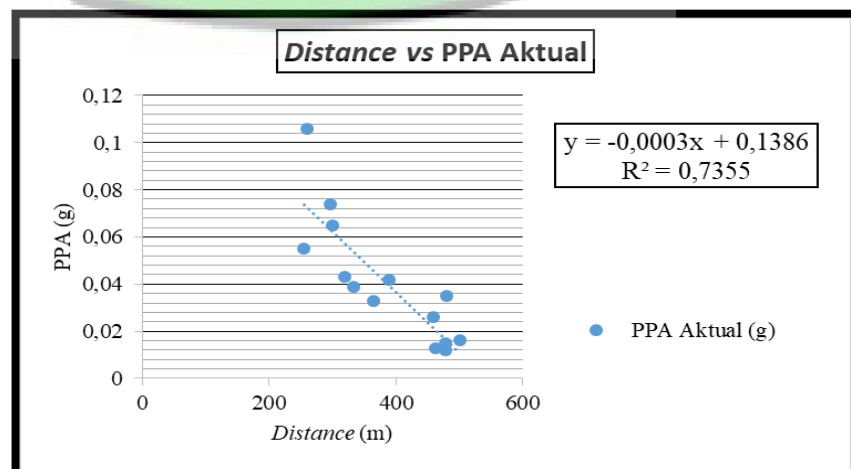
Dalam pelaksanaan kegiatan peledakan yang aman di Pit 3 Timur Banko Barat maka perlu dilakukan pengontrolan agar *ground vibration* hasil peledakan tidak melebihi standar PPA di PT. Bukit Asam, Tbk dalam kegiatan peledakan pada Pit 3 Timur Banko Barat menggunakan isian bahan peledak 85 kg – 106 kg yang disesuaikan dengan ketersediaan di lapangan dan *surface delay* yang digunakan adalah 42 ms, 67 ms dan 109 ms. Untuk menganalisis dampak besarnya nilai getaran peledakan maka dilakukan analisis rangkaian peledakan dengan menggunakan *software ShootPlus-i*. Pada **Gambar 4.14** adalah hubungan isian bahan peledak per *delay* yang telah disimulasikan pada **Lampiran H** terhadap PPA pada dalam kegiatan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk periode tanggal 1 Oktober 2018 – 5 Desember 2018 sebagai berikut :



Gambar 4.14 Charge Weight vs PPA

b) Jarak Peledakan Ke Lokasi Pengukuran

Dimana dalam kegiatan peledakan, jarak adalah faktor yang menyebabkan besarnya getaran peledakan. Sehingga dengan menganalisis grafik yang menghasilkan persamaan regresi linier sederhana yang dapat dilihat pada **Gambar 4.15** dapat mengetahui hubungan jarak peledakan dan PPA. Berikut ini adalah hubungan nilai tingkat getaran peledakan pada jarak pengukuran yang berbeda-beda terhadap PPA.

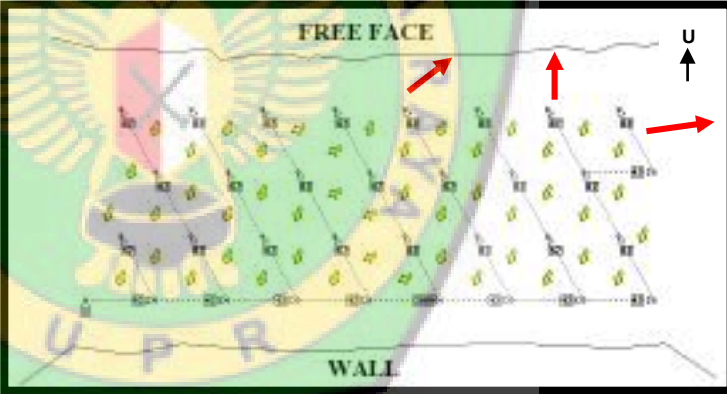
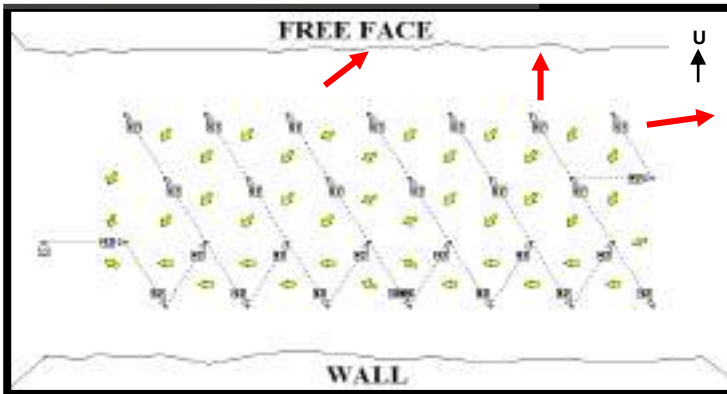


Gambar 4.15 Distance vs PPA

c) Pola Peledakan dan Arah Peledakan

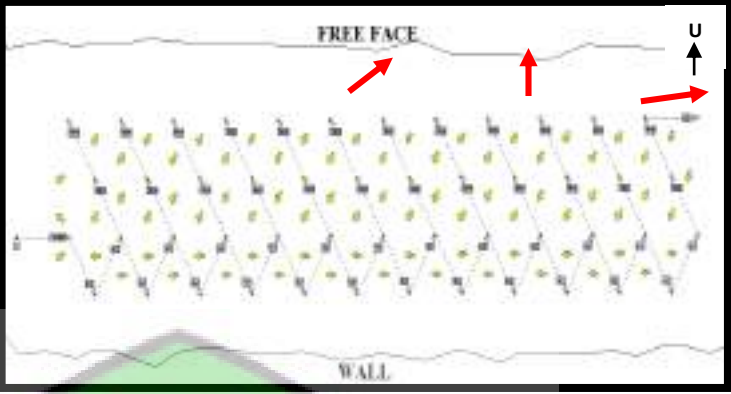

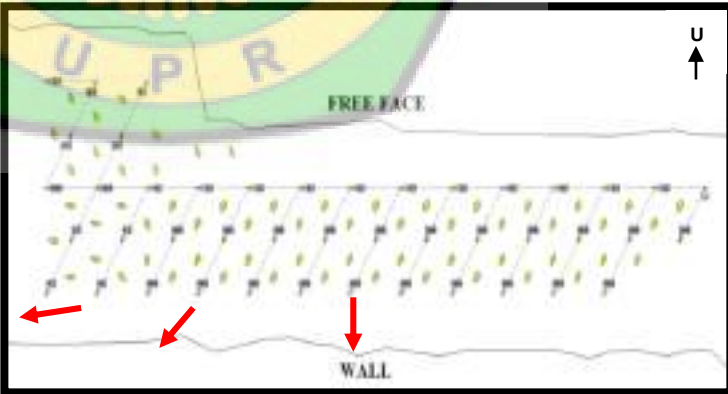
Pola peledakan yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA adalah *echelon cut* dan *box cut*. Dimana dalam menganalisa pengaruh pola peledakan dan arah rambatan getaran peledakan yang dapat menyebabkan besarnya getaran akibat peledakan, digunakan aplikasi *ShotPlus-i* untuk mengetahui arah lemparan batuan peledakan. Pada Tabel 4.5 adalah simulasi peledakan dengan arah lemparan batuan terhadap arah peledakan :

Tabel 4.5 Pengaruh Arah Lemparan dan Arah Peledakan

Pola Peledakan	Tanggal	(↑ Arah Peledakan) dan (↑ Arah Lemparan Material)
<i>Echelon Cut</i>	24/10/18 Lokasi 1	
<i>Echelon Cut</i>	24/10/18 Lokasi 2	

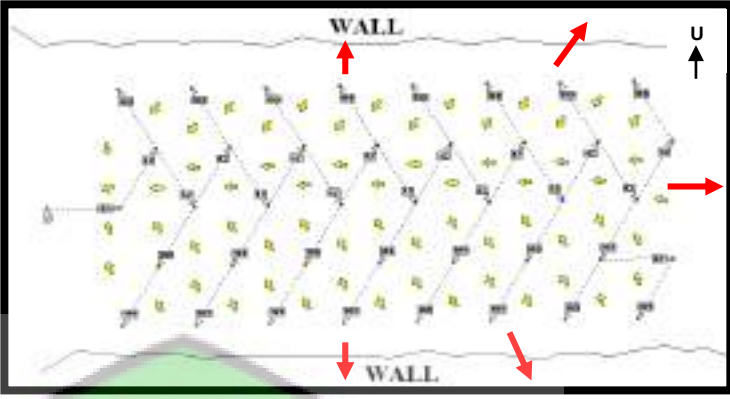
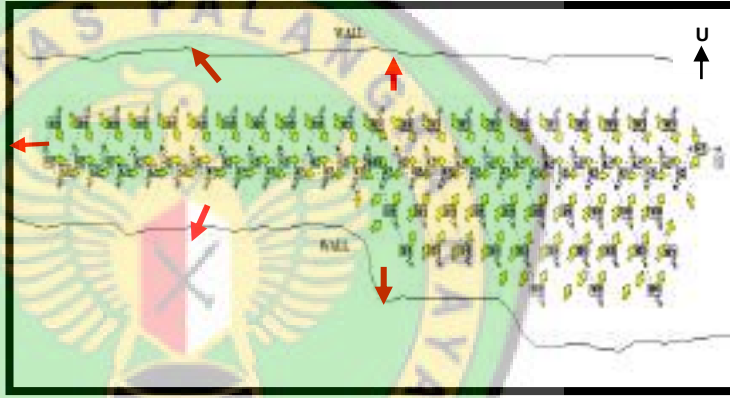
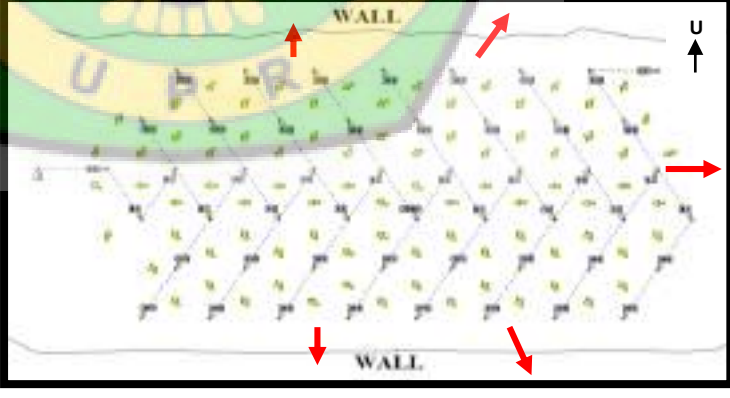
Bersambung...

Lanjutan Tabel 4.5

Pola Peledakan	Tanggal	(↑ Arah Peledakan) dan (↑ Arah Lemparan Material)
<i>Echelon Cut</i>	29/10/18	
<i>Echelon Cut</i>	15/11/18	
<i>Echelon Cut</i>	26/10/18	

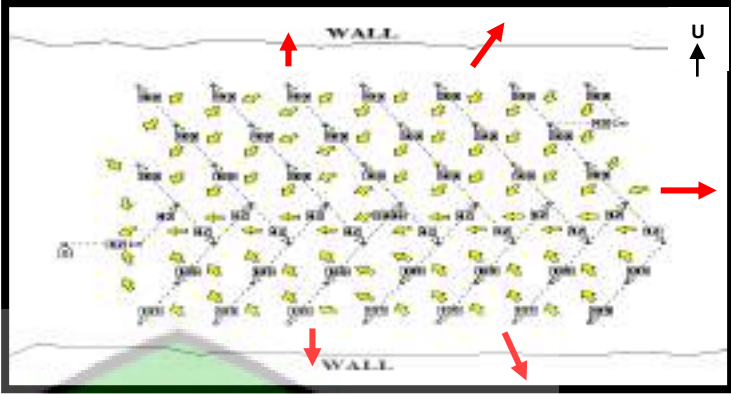
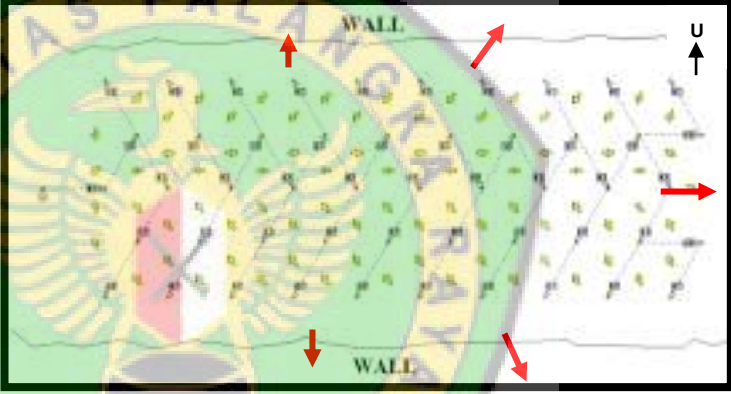
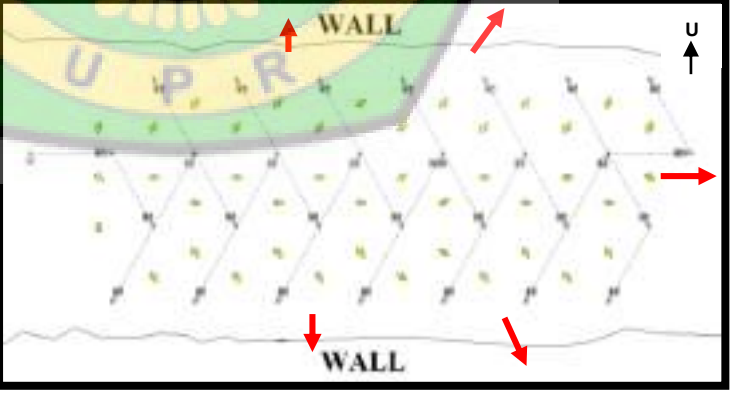
Bersambung...

Lanjutan Tabel 4.5

Pola Peledakan	Tanggal	(↑ Arah Peledakan) dan (↑ Arah Lemparan Material)
<i>Box cut</i>	23/10/18	
<i>Box cut</i>	27/10/18	
<i>Box cut</i>	30/10/18	

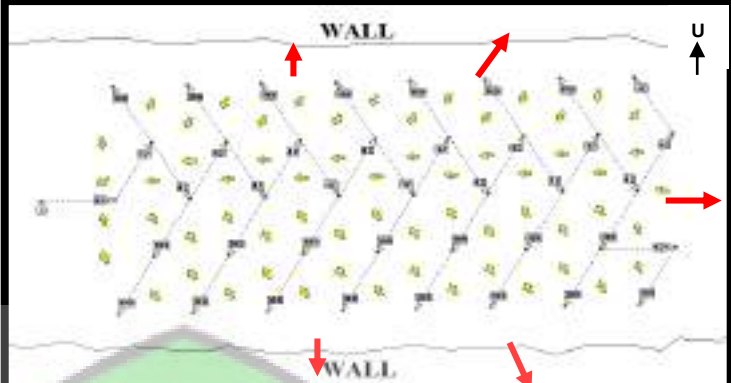
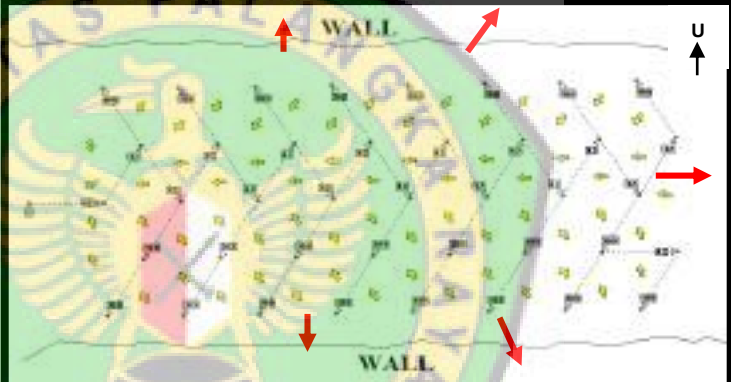
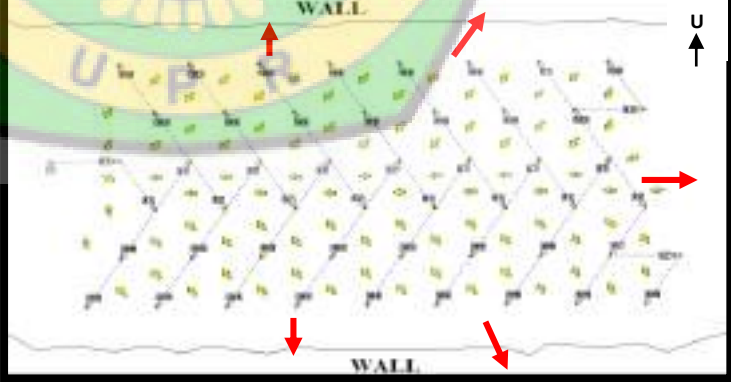
Bersambung...

Lanjutan Tabel 4.5

Pola Peledakan	Tanggal	(↑ Arah Peledakan) dan (↑ Arah Lemparan Material)
<i>Box cut</i>	31/10/18	
<i>Box cut</i>	6/11/18	
<i>Box cut</i>	8/11/18	

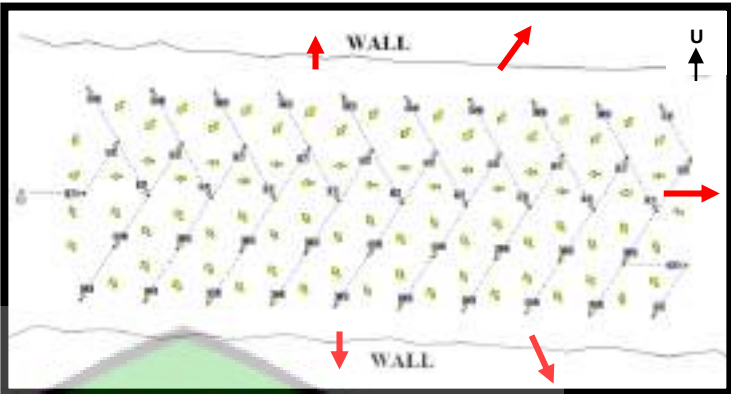
Bersambung...

Lanjutan Tabel 4.5

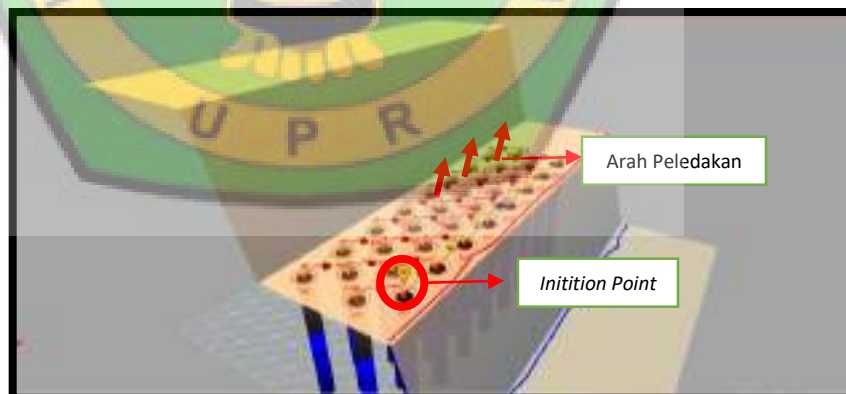
Pola Peledakan	Tanggal	(↑ Arah Peledakan) dan (↗ Arah Lemparan Material)
<i>Box cut</i>	9/11/18	
<i>Box cut</i>	13/11/18	
<i>Box cut</i>	16/11/18	

Bersambung...

Lanjutan Tabel 4.5

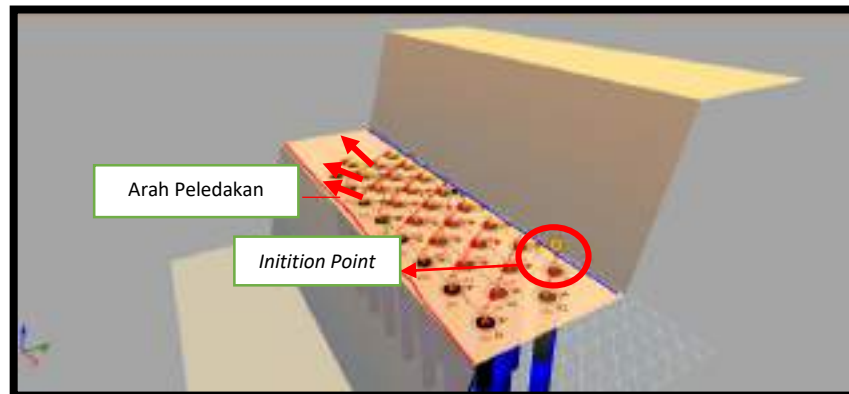
Pola Peledakan	Tanggal	(↑ Arah Peledakan) dan (↑ Arah Lemparan Material)
<i>Box cut</i>	17/11/18	

Dari data lapangan bahwa letak *initition point* dan pola peledakan dapat menentukan arah peledakan sehingga frekuensi getaran yang mempengaruhi *wall* dapat diketahui, melalui kejadian di lapangan ada 3 letak *initition point* dari pola peledakan yang menyebabkan getaran mempengaruhi *wall* sebagai berikut :



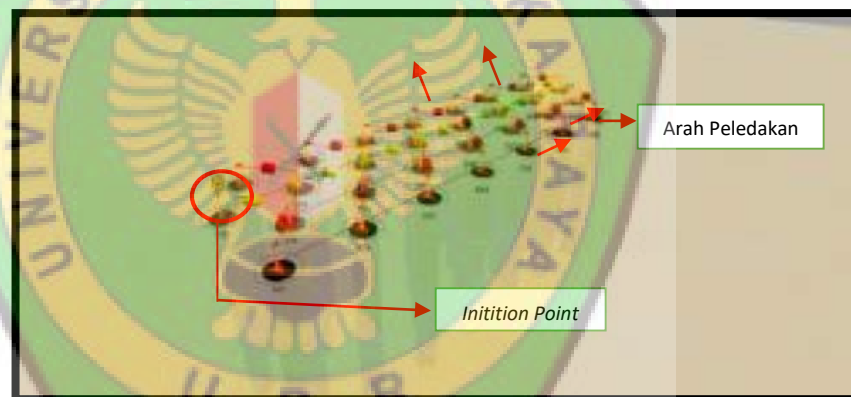
Gambar 4.16 Pola Peledakan *Echelon Cut* dengan IP (*Free Face*)

Dari **Gambar 4.16**, dimana dengan pola peledakan *echelon cut* dengan letak IP (*initition point*) dekat *free face* maka arah peledakan ke arah *wall* (getaran mendekati *wall*).



Gambar 4.17 Pola Peledakan *Echelon Cut* dengan IP (*Wall*)

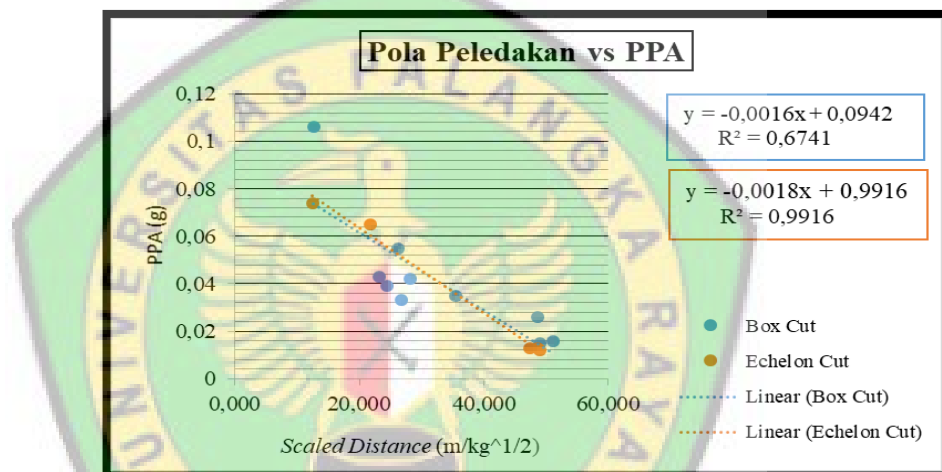
Dari **Gambar 4.17**, dimana dengan pola peledakan *echelon cut* dengan letak IP (*initiation point*) dekat *wall* maka arah peledakan ke arah *wall* (getaran menjauhi *wall*).



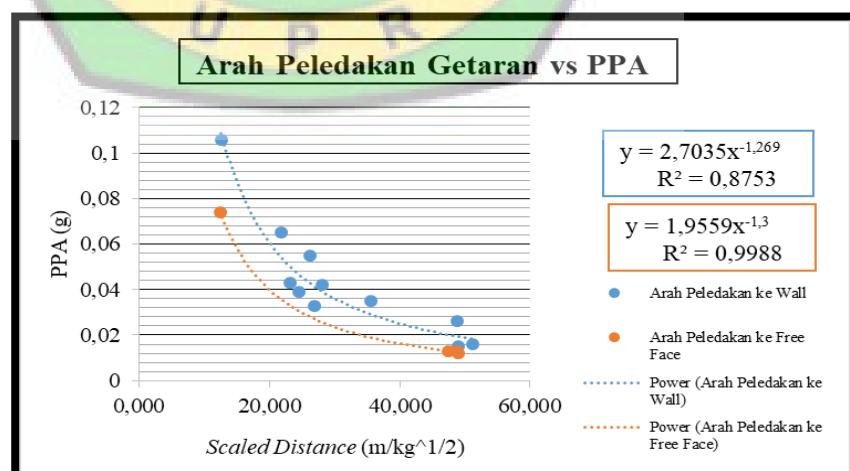
Gambar 4.18 Pola Peledakan *Box Cut* dengan IP (*Pojok Tengah*)

Dari **Gambar 4.18**, dimana dengan pola peledakan *box cut* dengan letak IP (*initiation point*) di pojok tengah maka arah peledakan ke arah *wall* (getaran mendekati *wall*) karena lokasi ini hanya memiliki 1 *free face* yang berhubungan langsung dengan permukaan udara (vertikal).

Pada **Gambar 4.19** adalah grafik yang menyatakan pengaruh pola peledakan terhadap besarnya getaran akibat peledakan, dimana pola peledakan yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA adalah pola peledakan *box cut* dan *echelon cut*. Pada **Gambar 4.20** adalah grafik pengaruh arah peledakan terhadap percepatan getaran peledakan, dimana arah peledakan dipengaruhi oleh letak *initiation point* pada rangkaian peledakan.



Gambar 4.19 PPA vs Pola Peledakan



Gambar 4.20 PPA vs Arah Peledakan

E. Rekomendasi Penurunan Percepatan Getaran Akibat Peledakan

Dalam menentukan batasan kritis percepatan getaran peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat, dimana Departemen Geoteknik menganalisa bahwa batasan percepatan getaran di PT. Bukit Asam, Tbk adalah 0,03 g mengacu pada percepatan puncak di batuan dasar. Dimana Departemen Bordak sebagai bagian *service blasting*, maka dalam mengantisipasi nilai tersebut dengan geometri peledakan yang telah ditetapkan berdasarkan metode *trial and error* didapatkan geometri peledakan yang menghasilkan dampak positif yang maksimal dan dampak negatif yang minimal di Pit 3 Timur Banko Barat dengan isian bahan peledak 85 – 106 kg/lubang. Berikut ini adalah rekomendasi untuk kegiatan peledakan menghasilkan getaran tidak melampaui standar perusahaan :

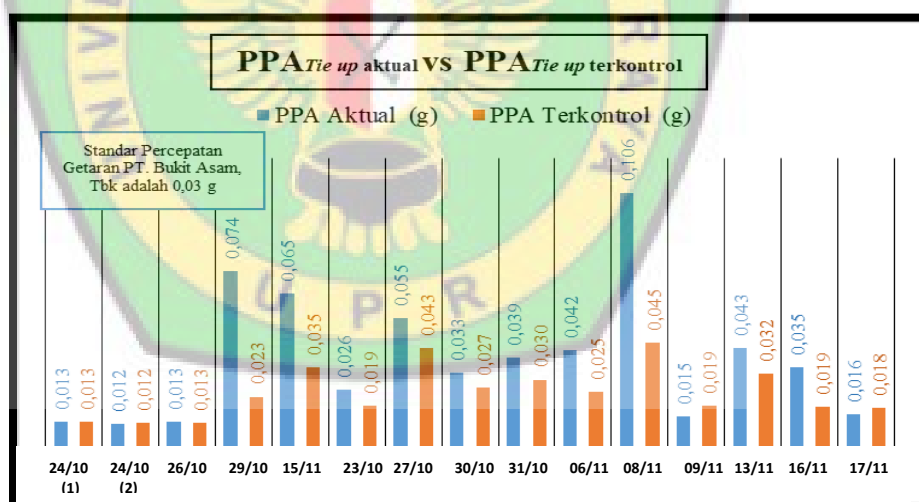
1. Peledakan Dengan Pengontrolan Waktu Tunda

Pada kegiatan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat, pada tanggal 23 Oktober 2018 – 05 Desember 2018 bahwa dari 15 kegiatan peledakan, terdapat 8 kegiatan peledakan yang lubang ledak meledak secara bersamaan yang menyebabkan besarnya nilai percepatan getaran peledakan. Sehingga untuk menganalisis hal tersebut dibuatlah sebuah analisis simulasi ulang *surface delay* lubang ledak dianggap tidak ada yang meledak secara bersamaan seperti pada **Lampiran H**. Sehingga berat bahan peledak yang dievaluasi dianggap berat bahan peledak satu lubang,

maka didapatkan analisisnya sebagai berikut pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.21**.

Tabel 4.6 Pengontrolan *surface delay*

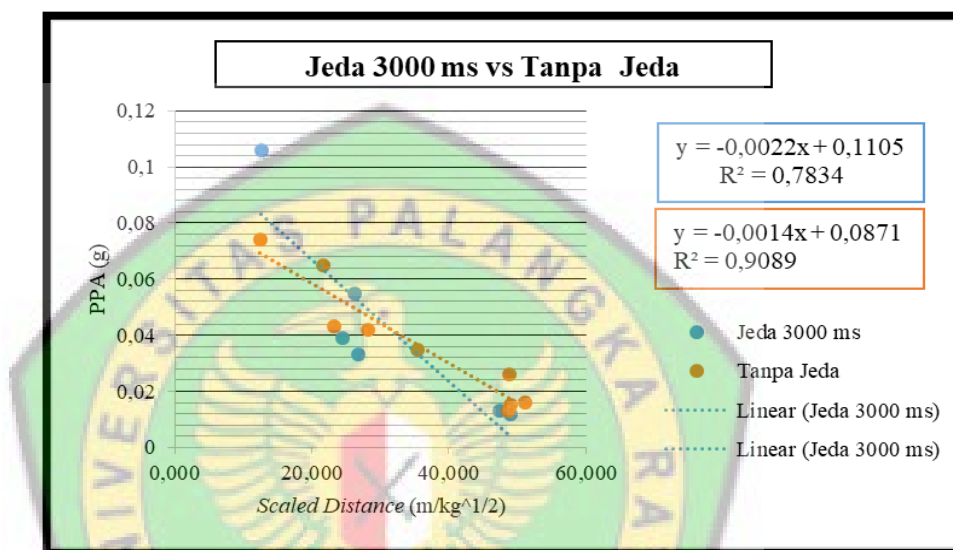
Tanggal	Lubang Meledak Bersamaan	<i>Surface Delay</i> Tidak Terkontrol (<i>pcs</i>)				<i>Surface Delay</i> Terkontrol (<i>pcs</i>)			
		42 ms	67 ms	109 ms	3000 ms	42 ms	67 ms	109 ms	3000 ms
24/10/2018	1	8	23	0	1				
	1	14	13	0	1				
26/10/2018	2	17	0	26	0	17	11	14	0
29/10/2018	1	25	0	24	1				
15/11/2018	6	25	0	25	0	23	0	28	0
23/10/2018	1	28	31	0	1				
27/10/2018	1	41	0	45	1				
30/10/2018	2	18	0	31	1	19	0	30	1
31/10/2018	2	15	0	35	1	14	0	34	1
06/11/2018	2	21	30	0	0	23	28	0	0
08/11/2018	4	14	14	0	1	15	13	0	1
09/11/2018	1	17	0	22	0				
13/11/2018	2	17	0	23	0	18	0	22	0
16/11/2018	2	19	0	31	0	18	0	32	0
17/11/2018	1	23	0	27	0				



Gambar 4.21 PPA_{aktual} vs PPA_{dikontrol}

Dalam merencanakan rangkaian *surface delay*, hal yang diperhatikan adalah tidak adanya lubang yang meledak bersamaan. Selain itu perlunya mengubah ≤ 2 buah *surface delay control* 42 ms menjadi 3000 ms pada rangkaian peledakan untuk

meminimalisir rambatan perpanjangan pantulan getaran. Pada **Gambar 4.22** adalah pengaruh penggunaan ≤ 2 buah *surface delay control* 3000 ms dan tanpa menggunakan jeda pada di tengah rangkaian lubang *control* terhadap getaran yang dihasilkan dari peledakan.



Gambar 4.22 Pengaruh Jeda Pada PPA

2. Batasan Jarak Peledakan Terhadap Struktur di Pit 3 Timur Banko

Dari Analisa perusahaan, bahwa batas kritis percepatan getaran akibat peledakan adalah 0,03 g dan dimana dari Departemen Bordak bahwa hasil peledakan yang baik di Pit 3 Timur Banko Barat adalah dengan menggunakan geometri yang telah ditetapkan dengan isian bahan peledak 85 kg, 88 kg, 92 kg, 95 kg dan 106 kg.

Pada persamaan hubungan PPA dan *scaled distance* didapat persamaan adalah $Y = 3,1306X^{-1,346}$. Dengan rumus tersebut dapat ditentukan batasan minimal dilakukannya peledakan di sekitar

lereng tambang dengan maksimal percepatan getaran peledakan adalah 0,03 g. Berikut ini adalah **Tabel 4.7** perhitungan batas minimal jarak dilakukannya peledakan terhadap *wall* seperti pada **Lampiran I** dan pada simulasi peta di **Lampiran J** :

Tabel 4.7 Batas Jarak Kritis Peledakan

<i>Charge Weight</i> (Kg)	Batas Kritis Jarak Peledakan dipengaruhi Arah Peledakan (m)	
	ke <i>Free Face</i> $K = 3,956$ dan $m = -1,3$	ke <i>Wall</i> $K = 2,704$ dan $m = -1,269$
85	230	320
88	235	325
92	240	330
95	240	335
106	255	355

3. Pengaruh Arah Peledakan dalam Penggunaan Pola Peledakan

Adapun pola peledakan yang diterapkan pada Pit 3 Timur Banko Barat adalah *box cut* dan *echelon cut* disesuaikan dengan *free face* yang tersedia di lapangan. Dimana letak *initiation point* pada pola peledakan berpengaruh terhadap arah peledakan yang dapat memperbesar nilai getaran peledakan, dibuktikan pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.20**. Lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *echelon cut* dan arah peledakannya ke *free face* menghasilkan getaran cenderung kecil, lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *echelon cut* dan arah peledakannya ke *wall* menghasilkan getaran cenderung besar dan lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *box cut* dan arah peledakannya ke *wall* menghasilkan getaran cenderung besar. Untuk menghindari getaran yang besar ke *wall* pada pola peledakan

box cut dan *echelon cut* dengan arah peledakan ke *wall*, maka perlunya menggunakan teknik peledakan *air decking* dan *line drilling* untuk mengurangi getaran ke *wall*.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengeboran dan Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Pembahasan dari hasil kegiatan penelitian pada kegiatan pengeboran dan peledakan yang dilakukan di Pit 3 Timur Banko Barat adalah salah satu pit yang berada dalam area IUP PT. Bukit Asam, Tbk (PTBA), dimana pengerjaannya dipercayakan kepada sub kontraktor PT. Dahana (Persero).

A. Pengeboran (*Drilling*)

Pengeboran adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk menciptakan lubang-lubang yang akan diisi bahan peledak (ANFO), sehingga lubang tersebut dapat meledak hingga dapat memberaikan batuan.

1. *Unit Bor*

Unit bor yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah *Drilltech D245S Sandvik*. Dimana metode pengeborannya adalah *rotary drilling* yang menggunakan aksi putaran untuk melakukan penetrasi terhadap batuan, ketika batuan melakukan penetrasi oleh mata bor maka adanya semburan udara yang mengeluarkan *cutting* dari dalam lubang bor serta bertujuan untuk membersihkan lubang bor

biasannya disebut proses *flushing*. Dimana diameter alat bornya 200 mm, panjang pipa 9,14 m dan produktivitas alat bor ± 10 lubang/jam.

2. Geometri Pengeboran

Geometri pengeboran di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah sebagai berikut :

a) Diameter Lubang Ledak

Diameter lubang ledak yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk disesuaikan dengan diameter *unit* bor yaitu $7\frac{7}{8}$ inch (200 mm = 0,2 m). Pemilihan diameter tersebut disesuaikan dengan *unit* bor yang tersedia di perusahaan dan disesuaikan dengan rencana geometri peledakan yang telah dirancang dengan teori *rule of thumbs* untuk menghasilkan fragmentasi yang baik dan meminimalisir dampak negatif peledakan.

b) Kedalaman Lubang Ledak

Kedalaman lubang ledak di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk disesuaikan dengan tinggi lereng yang akan dibentuk (*final wall*) yaitu ± 8 meter, dimana kedalaman lubang ledaknya yaitu 7-8 meter sesuai dengan jangkauan penggalian maksimum *Power Shovel* 3000.

c) Kemiringan Lubang

Di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk kemiringan lubang ledak yang digunakan adalah kemiringan lubang ledak vertikal 90° atau tegak lurus. Tujuan pembuatan lubang ledak yang tegak lurus adalah dapat melakukan pengeboran dekat dengan jenjang sehingga maksimal dilakukannya peledakan di sekitar jenjang. Selain itu keuntungan lubang ledak tegak lurus adalah produktivitas alat bor lebih produktif karena penentuan titik lubang satu dengan yang lainnya berdekatan sehingga rute yang ditempuh *unit* bor dekat. Alasan tidak dilakukannya pengeboran miring karena *operator unit* bor kesulitan untuk menciptakan kemiringan lubang yang sama.

d) Pola Pengeboran

Dalam melakukan kegiatan pengeboran di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk menggunakan pola *staggered pattern* (selang-seling), setiap lubang ditempatkan diantara dua lubang pada *row* sebelumnya. Pemilihan pola ini karena pola ini sangat baik dalam hal distribusi bahan peledak terhadap area peledakan dibandingkan *rectangular pattern* (bujur sangkar /persegi panjang).

B. Peledakan (*Blasting*)

Dalam kegiatan peledakan ini bertujuan untuk meledakan lubang ledak yang telah diisi bahan peledak sesuai dengan geometri yang telah dirancang sesuai kebutuhan target harian volume *blasting overburden* yang disesuaikan dengan *plan monthly*.

1. Geometri Peledakan

Geometri peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk dirancang dengan memperhatikan kondisi di lapangan baik dari kondisi kekerasan batuan, kekuatan detonasi bahan peledak dan jarak peledakan dengan *wall* maupun permukiman warga. Geometri yang digunakan saat ini adalah geometri yang telah ditetapkan hasil uji coba (*trial and error*) di lapangan sesuai dengan teori geometri peledakan *rules of thumbs* sehingga menghasilkan dampak negatif yang minimal dan menghasilkan fragmentasi yang baik untuk *unit* gali yang tersedia di lapangan. Rumus *rule of thumbs* adalah sebagai berikut :

a) *Burden* (B)

Burden yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 8 meter. Dimana penggunaan *burden* 8 meter disesuaikan dengan rancangan geometri peledakan teori *rule of thumbs*, teori tersebut telah disesuaikan dengan dengan *trial and error* di lapangan. Jika *burden* tidak disesuaikan dengan rancangan geometri peledakan yang telah

ditetapkan akan mengakibatkan hasil fragmentasi peledakan yang baik yang disesuaikan dengan kemampuan penggalian *unit PC3000*. Pengaruh hasil fragmentasi *boulder* yang diakibatkan besarnya jarak *burden* geometri peledakan menyebabkan energi peledakan tidak terpakai sempurna sehingga menghasilkan dampak negatif peledakan seperti getaran akibat peledakan. Besarnya getaran akibat peledakan pada kejadian ini, diakibatkan karena energi sisa (*waste energy*) lebih besar daripada energi terpakai (*work energy*) dibuktikan fragmentasi yang akan menjadi *boulder*. Akan tetapi di lapangan bahwa rata-rata jarak *burden* ± 8 meter sehingga sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan pada geometri peledakan.

b) *Spacing* (S)

Spacing yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 9 meter. Dimana penggunaan *spacing* 9 meter disesuaikan dengan rancangan geometri peledakan teori *rule of thumbs*, teori tersebut telah disesuaikan dengan dengan *trial and error* di lapangan. Penerapan jarak spasi harus mempertimbangkan perbandingan dengan *burden* agar cakupan energi peledakan yang cukup untuk mendapatkan hasil fragmentasi batuan yang diinginkan. Jarak *spacing* yang telah disesuaikan dengan *burden* dapat meminimalisir seperti getaran akibat peledakan.

c) *Charge Length*

Charge length yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 4 meter. Dimana penggunaan bahan peledak \pm 80 kg disesuaikan dengan kekuatan batuan di lapangan. Pengaruh berat bahan peledak yang melebihi batas yang ditetapkan dengan geometri peledakan, akan mengakibatkan fragmentasi peledakan tidak sesuai dengan diinginkan dan getaran akibat peledakan yang cukup besar.

d) *Stemming* (T)

Panjang *stemming* yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah 4 meter. Dimana panjang *stemming* dipengaruhi oleh berat isian bahan peledak, ketika panjang *stemming* lebih panjang daripada panjang isian bahan peledak maka hasil fragmentasi batuan akan cenderung *boulder* bahkan gagal meledakkan batuan. Dampak getaran akibat peledakan ketika kejadian tersebut, akan lebih besar karena *work energy* tidak terpakai sempurna mengakibatkan energi sisa menyebar ke daerah sekitar lokasi peledakan.

2. Arah Peledakan

Pengaturan arah peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk disesuaikan dengan lokasi peledakan dan pola peledakan (jumlah *free face* yang tersedia di lapangan). Dimana letak IP dekat dengan *wall* sehingga arah rambatan

menjauhi *wall*. Arah rambatan getaran peledakan mengarah ke bidang bebas (*free face*), tujuan ini untuk membuang getaran ke *free face* sehingga dampak getaran di sekitar lokasi peledakan kecil dan tidak mempengaruhi struktur di sekitar lokasi.

3. Pola Peledakan

Pola peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah *echelon cut* dan *box cut*. Pemilihan *echelon cut* dan *box cut* adalah sesuai dengan jumlah *free face* yang tersedia di lapangan. Jika di lapangan jumlah *free face* yang tersedia adalah ≥ 2 *free face*, maka pola peledakan yang disarankan adalah pola peledakan *echelon cut*. Pola peledakan *echelon cut* hasil arah lemparan peledakannya ke arah pojok (IP), sehingga pola peledakan ini menjadi alternatif untuk meminimalisir getaran karena dapat mengatur arah rambatan getaran peledakan. Sedangkan pola peledakan *box cut* disarankan digunakan ketika di lapangan hanya memiliki 1 *free face* dimana pola peledakan arah lemparannya ke tengah lokasi peledakan. Pada pola peledakan *box cut*, getaran peledakan cenderung lebih besar karena arah peledakannya dan arah rambatan getaran tidak dapat terbang ke arah *free face*.

4. Metode Peledakan

Metode peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah *Non-electric (Nonel)*. Dimana pemilihan metode *Non-electric* ini adalah sangat aman karena arus pengantar untuk meledakan lubang IP menggunakan gelombang kejut sehingga aman dari bahaya cuaca sehingga memungkinkan dilakukannya peledakan saat cuaca hujan ataupun petir. Apabila *electric* rawan akan hujan/petir sehingga lubang dapat meledak secara tiba-tiba karena tidak stabil akan *signal seluler* dan sangat rawan pada cuaca petir/hujan.

5. Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah ANFO (*Ammonium Nitrate* dan *Fuel Oil*) dan *powergel* produksi PT. Dahana (Persero), Tbk. *Powergel* berfungsi sebagai *primer* pemicu ledakan pada setiap lubang dimana *powergel* dirangkai dengan *in hole delay detonator* untuk menginisiasi ANFO. ANFO yang digunakan pada lokasi penelitian memiliki densitas 0,85 gr/cc dan kecepatan detonasi 4800 m/s. ANFO merupakan pencampuran AN (*Ammonium Nitrate*) dan FO atau bahan bakar solar (*Fuel Oil*), dengan perbandingan AN 94,5 % dan FO 5,5 %.

C. Tahapan Kegiatan Pengeboran dan Peledakan

Berikut adalah kegiatan pengeboran dan peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk :

1. Perencanaan Peledakan

Sebelum dilakukannya kegiatan peledakan dilakukannya perencanaan lokasi yang akan diledakan, berapa target volume, berapa bahan peledak yang diperlukan dll.

2. Persiapan Lokasi dan Penitikan Lokasi Pengeboran

Sebelum dilakukannya kegiatan pengeboran dan peledakan, lokasi dibersihkan dari *spoil-spoil* yang dapat menghambat kegiatan dan menghambat meledaknya lubang akibat adanya gaya penahan di permukaan. Setelah lokasi dibersihkan maka lokasi ditandai letak pengeboran sesuai dengan geometri yang diterapkan.

3. Pengeboran dan Permintaan Bahan Peledak

Setelah itu *Operator* bor akan melakukan pengeboran sesuai lokasi yang telah ditandai. Selanjutnya team lain akan ke gudang handak untuk mempersiapkan bahan peledak yang akan diperlukan. Dimana yang diambil oleh juru ledak dari gudang handak adalah AN (*Ammonium Nitrate*), *powergel*, *surface delay*, *in hole delay*. Setelah semua telah dibawa maka akan dibawa ke lokasi peledakan dengan dikawal oleh petugas keamanan.

4. Pengisian Bahan Peledak

Setelah bahan peledak sampai di lokasi, maka dilakukannya *priming* dimana *in hole delay* digabungkan dengan *powergel* dengan cara batang besi *in hole delay* ditusukkan ke *powegel*. Setelah itu maka AN yang ada pada *unit* MMU (*mobile mixing unit*) akan melakukan proses pencampuran dengan FO sehingga AN bewarna kemerahan menandakan FO sudah bercampur sempurna dengan AN. Setelah itu ANFO yang pada *unit* MMU mengisi lubang ledak dengan ANFO yang telah ditetapkan beratnya sesuai geometri yang telah direncanakan, dimana *powergel* diusahakan letaknya ditengah-tengah PC (*powder column*). Setelah itu dilakukannya *stemming* pada lubang tujuannya pada saat ledakan bahan peledak tidak keluar dari lubang dan dapat memberaikan batuan disekitar lubang. Dimana material *stemming* adalah *cuting* hasil pengeboran.

5. Perangkaian Pola Peledakan

Dimana juru ledak akan merangkai lubang dengan menggunakan *surface delay* 42 ms sebagai *control*, 67 ms dan 109 ms sebagai sayap, dimana perangkaian pola sesuai dengan rencana pola peledakan yang telah ditetapkan. Setelah dilakukan perangkaian, maka juru ledak akan mengecek lubang ledak satu persatu untuk memastikan bahwa tidak akan terjadinya *missfire*.

6. Peledakan dan Evaluasi Peledakan

Setelah lubang dirangkai dan setiap aktivitas di Pit berhenti maka juru ledak akan memasang *electric detonator* ke IP sebagai pemicu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk letupan (ledakan kecil) sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak peka terhadap *detonator* atau *primer*. Dan pemasangan *lead wire* dengan *blast machine* yang berfungsi sebagai sumber energi listrik yang telah dihubungkan dengan kabel *lead wire* sehingga nantinya *electric detonator* memberikan efek kejut berupa letupan kecil yang menjadi pemicu peledakan pada peka *primer*. Setelah juru ledak mengatakan “Tembak” maka lokasi segera diledakan, setelah peledakan selesai maka juru ledak akan kembali ke lokasi peledakan untuk melihat apakah lubang tersebut semuanya meledak. Maka juru ledak dan tim yang lain mengecek dampak peledakan seperti *ground vibration*, *fly rock* dan fragmentasi.

7. Pelaporan Hasil Peledakan

Dari hasil kegiatan peledakan, maka dari setiap kegiatan, pola peledakan, jumlah bahan peledak yang digunakan dan dampak peledakan akan dilaporkan ke kantor.

4.2.2 Hasil Pengukuran Getaran Akibat Kegiatan Peledakan di Pit 3

Timur Banko Barat PTBA

A. Lokasi dan Kondisi Pengukuran Getaran Peledakan

Pemilihan lokasi dalam pengukuran getaran akibat kegiatan peledakan ditentukan oleh beberapa faktor yaitu jarak peledakan, arah peledakan, lapisan tanah daerah pengukuran dan keadaan teknis di lapangan. Dimana keadaan teknis di lapangan, dapat dilakukannya pengukuran getaran hanya memungkinkan pada jarak ≥ 300 meter karena pada jarak radius aman *unit* dari bahaya *flyrock*. Sehingga untuk pengukuran getaran dengan menggunakan *micromate*, jarak minimal adalah 300 meter akan tetapi melihat keadaan teknis di lapangan daerah tersebut berada pada area kerja, lapisan tanah asli atau timbunan. Oleh sebab itu, lokasi tersebut berada pada lokasi yang tidak memungkinkan dilakukan pengambilan data karena nilai getaran dianggap tidak akurat, sehingga jarak pengukuran terkadang berada jauh dengan kegiatan peledakan akan tetapi untuk mendapatkan data yang baik maka dilakukannya pengukuran dengan jarak yang dekat dengan lokasi peledakan, tetapi aman dilakukannya pengukuran ketika peledakan. Untuk pengukuran getaran akibat kegiatan peledakan diusahakan berada pada arah peledakan (*wall*) yang sangat berdampak terhadap getaran peledakan, dimana peledakan dilakukan di *low wall* dan *side wall* sehingga ditinjau dari arah peledakan yang sangat berpengaruh adalah *low wall*.

B. Litologi Lokasi Peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

Material yang diledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk adalah Batupasir dengan kekerasan batuan 2,3 dan berat jenis batuan 2,09 gr/cc . Dengan kekerasan batuan tersebut sehingga geometri peledakan yang diterapkan perusahaan sesuai yang telah dilakukan uji coba dengan berat bahan peledak ANFO 82-106 kg. Dengan geometri peledakan tersebut material Batupasir yang diledakan di Pit 3 Timur Banko Barat menghasilkan fragmentasi batuan yang baik sehingga meminimalisir dampak negatif peledakan. Sedangkan peledakan Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk dengan material peledakan adalah Batupasir dengan kekerasan batuan 1,3 dan berat jenis batuan adalah 1,8 gr/cc sehingga untuk meledakan batuan yang menghasilkan fragmentasi yang baik dan meminimalisir dampak negatif peledakan dengan menerapkan geometri peledakan yang telah ditetapkan perusahaan dengan berat bahan peledak ANFO yang digunakan 45-52 kg.

C. Alat Ukur Getaran di Pit 3 Timur Banko Barat PTBA

PTBA mempunyai alat ukur getaran 2 unit, yaitu *blastmate* III dan *micromate*. Dimana *blastmate* III difungsikan untuk menunjang pengaruh getaran peledakan Pit 2 Timur Banko Barat di sekitar rumah warga sedangkan *micromate* alat penunjang pembantu. Hal tersebut dalam penelitian ini saya dapat menggunakan *micromate* dalam pengukuran pengaruh getaran peledakan ke *wall* di sekitar lokasi

peledakan Pit 3 Timur Banko Barat. Fungsi dari *micromate* dan *blastmate III* adalah sama untuk mengukur getaran tanah, dimana kelebihan *micromate monitor touchscreen* dan untuk *import* data bisa langsung *portable* dengan USB tanpa disambungkan pada PC seperti alat *blastmate III*.

D. Hasil Pengukuran Getaran Akibat Peledakan (*Ground Vibration*)

1. Jarak Lokasi Peledakan Dengan Pengukuran Untuk Menghasilkan Simulasi Persamaan Regresi Peledakan

Untuk mengetahui jarak peledakan ke pengukuran dengan menggunakan GPS sehingga didapat *northing*, *eastthing* dan *alltitude*. Jarak terdekat dilakukan pengukuran pengaruh peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat pada tanggal 27 Oktober 2018 adalah 255 meter (koordinat peledakan : *eastthing* = 371455, *northing* = 9585831 dan koordinat pengukuran : *eastthing* = 371404, *northing* = 9585791). Seharusnya jarak aman manusia saat melaukkan aktivitas saat peledakan adalah 500 meter, akan tetapi pada saat pemantauan peledakan ada daerah yang aman dilakukan peledakan karena beda ketinggian lokasi pengukuran dan lokasi peledakan sehingga dengan ijin dan didampingi pengawas dapat melakukan pengukuran getaran ke *wall* dengan variasi jarak yang lebih dekat ke lokasi peledakan untuk mendapatkan data yang akurat.

2. Nilai Getaran Peledakan Terhadap Jarak Pengukuran Untuk Menghasilkan Simulasi Persamaan Regresi

Pada penelitian di Pit 3 Timur Banko Barat diperoleh data percepatan getaran setiap peledakan. Kegiatan peledakan di PT. Bukit Asam, Tbk dilaksanakan pada siang hari pada Pukul 12:00-13:00 Wib (waktu istirahat). Perangkat *micromate* digunakan untuk mengukur getaran peledakan (*ground vibration*) dengan 3 arah gerakan partikel (*transversal, longitudinal dan vertical*) dan tingkat kebisingan (*airblast*). Penggunaan $PPA_{longitudinal}$ dalam analisis ini, karena gelombang *longitudinal* memiliki kecepatan paling tinggi diantara gelombang seismik lainnya.

Berdasarkan pada hasil pengukuran aktual getaran peledakan yang dilakukan pada tanggal 01 Oktober 2018 - 05 Desember 2018 di Pit 3 Timur Banko Barat, getaran peledakan yang terekam yang terkecil terjadi pada peledakan tanggal 24 Oktober 2018 pada jarak pengukuran 478 meter dari lokasi peledakan dengan jumlah muatan bahan peledak per-*delay* sebesar 95,420 kg dengan tingkat getaran tanah 0,012 g. Sedangkan getaran peledakan yang terbesar terjadi pada peledakan tanggal 8 November 2018 pada jarak pengukuran 259 meter dari lokasi peledakan dengan jumlah muatan bahan peledak per-*delay* sebesar 424,008 kg dengan tingkat getaran tanah 0,106 g. Nilai getaran peledakan dipengaruhi oleh jarak pengukuran, isian bahan peledakan per *delay*, pola peledakan dan arah peledakan.

Perusahaan menetapkan bahwa tingkat percepatan getaran peledakan yang dapat diterima *final wall* pada Pit 3 Timur Banko Barat adalah 0,03 g sehingga dari 15 kegiatan peledakan yang dilakukan hanya 6 kegiatan peledakan yang dampak getarannya aman menurut standar perusahaan. Hal tersebut perlunya pengkajian ulang terhadap nilai getaran peledakan, salah satunya adalah dengan pendekatan menggunakan rumus *scaled distance*. Dengan teori *scaled distance* didapatkan persamaan regresi *power* dengan menggunakan *software Microsoft Office Excel* adalah $y = 3,1306X^{-1,346}$ dan $R^2 = 0,8622$. Korelasi R^2 menyatakan bahwa 86,22 % nilai PPA dipengaruhi oleh *scaled distance* sedangkan 13,78 % dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi massa batuan, kesalahan penginputan jarak pengukuran ke lokasi peledakan dan lainnya. Dengan menggunakan rumus tersebut, kemudian dapat melakukan prediksi nilai getaran peledakan dengan memasukan data jarak dan isian bahan peledak per *delay* pada kegiatan peledakan 1 Oktober 2018 – 05 Desember 2018. Dimana nilai prediksi getarannya adalah sebagai berikut :

- 24 Oktober 2018 (Lokasi 1)

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,013 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,017 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{prediksi} > PPA_{aktual}$ dengan deviasi 0,004 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat ke *wall*, jarak

pengukuran adalah 463 meter dan tidak adanya lubang yang meledak secara bersamaan.

- 24 Oktober 2018 (Lokasi 2)

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,012 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,017 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} > PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,005 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat ke *wall*, jarak pengukuran adalah 478 meter dan tidak adanya lubang yang meledak secara bersamaan.

- 26 Oktober 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,065 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,050 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} < PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,015 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat ke *free face*, jarak pengukuran adalah 300 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 29 Oktober 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,013 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,017 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} > PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,004 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola

peledakan *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat ke *wall*, Jarak pengukurannya adalah 476 meter dan tidak adanya lubang yang meledak secara bersamaan.

- 15 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,074 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,105 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} < PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,031 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat ke *wall*, Jarak pengukurannya adalah 297 meter dan ada 6 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 23 Oktober 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,026 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,017 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} > PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,009 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 458 meter dan tidak ada lubang yang meledak secara bersamaan.

- 27 Oktober 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,055 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,038 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} > PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi

0,017 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 255 meter dan tidak ada lubang yang meledak secara bersamaan.

- 30 Oktober 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,033 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,037 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{prediksi} > PPA_{aktual}$ dengan deviasi 0,004 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 368 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 31 Oktober 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,039 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,042 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{prediksi} > PPA_{aktual}$ dengan deviasi 0,003 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 333 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 6 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,042 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah

0,035 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{prediksi} < PPA_{aktual}$ dengan deviasi 0,007 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 389 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 8 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,106 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,103 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{prediksi} < PPA_{aktual}$ dengan deviasi 0,004 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 259 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 9 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,015 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,017 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{prediksi} > PPA_{aktual}$ dengan deviasi 0,002 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 368 meter dan tidak ada lubang yang meledak secara bersamaan.

- 13 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,043 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,046 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} > PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,003 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 320 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 16 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,035 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,026 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} < PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,011 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola peledakan, jarak pengukuran adalah 479 meter dan ada 2 lubang yang meledak secara bersamaan.

- 17 November 2018

Berdasarkan pengukuran dengan *micromate* adalah 0,016 g sedangkan berdasarkan prediksi dengan teori *scaled distance* adalah 0,016 g. Kesimpulannya adalah $PPA_{\text{prediksi}} < PPA_{\text{aktual}}$ dengan deviasi 0,004 g, hal tersebut disebabkan oleh karena menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak *initition point* di tengah pola

peledakan, jarak pengukuran adalah 500 meter dan tidak ada lubang yang meledak secara bersamaan.

3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Akibat Peledakan

a) Isian Bahan Peledak Perwaktu Tunda

Isian bahan peledak per waktu tunda adalah jumlah bahan peledak yang meledak per satu waktu tunda (per *delay*).

Hasil penelitian di **Gambar 4.14** menyatakan $y = 0,0002x + 0,0106$

(y adalah hasil pengaruh dan x adalah subjek yang mempengaruhi).

Jika x adalah adalah 100 kg, maka $y = 0,0002 \cdot (100) + 0,0106$ adalah

0,0306 g sedangkan jika x adalah adalah 50 kg, maka

$y = 0,0002 \cdot (100) + 0,0106$ adalah 0,0206 g. Kesimpulannya adalah

semakin besar isian perwaktu tunda, maka getaran peledakan yang

dihasilkan besar sedangkan semakin kecil jumlah isian bahan

peledak per waktu tunda maka getaran peledakan akan kecil.

b) Jarak Peledakan ke Lokasi Pengukuran

Jarak peledakan yang dimaksud adalah jarak antara lokasi peledakan ke lokasi peletakan *micromate* untuk pengukuran.

Hasil penelitian di **Gambar 4.15** menyatakan $y = -0,0003X + 0,1386$

(y adalah hasil pengaruh dan x adalah subjek yang mempengaruhi).

Jika x adalah adalah 100 m, maka $y = -0,0003 \cdot (100) + 0,1386$ adalah

0,1686 g sedangkan jika x adalah adalah 50 m, maka

$y = -0,0003 \cdot (50) + 0,1386$ adalah 0,1536 g. Kesimpulannya adalah

semakin dekat jarak lokasi peledakan ke pengukuran, maka getaran

peledakan yang dihasilkan cenderung semakin besar sedangkan semakin lokasi peledakan ke pengukuran maka getaran peledakan juga akan cenderung semakin kecil.

c) Pola Peledakan dan Arah Peledakan

Pada **Gambar 4.16**, dimana pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat dengan *free face* sehingga arah peledakannya mengarah ke *wall* kesimpulannya bahwa ketika dilakukan peledakan frekuensi getaran yang berpengaruh ke arah *wall* karena arah peledakannya mengarah ke *wall*. Pada **Gambar 4.17**, dimana pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut* dengan letak *initition point* dekat dengan *wall* sehingga arah peledakannya mengarah ke *free face* kesimpulannya bahwa ketika dilakukan peledakan frekuensi getaran yang ke arah *free face* dan terbuang ke arah *free face* sehingga getaran cenderung kecil ke arah *wall*. Pada **Gambar 4.18**, dimana pola peledakan yang digunakan adalah *box cut* dengan letak *initition point* berada di tengah pojok rangkaian sehingga arah peledakan mengarah ke *wall* karena tidak terjadinya pembuangan getaran ke *free face*.

Pola peledakan yang digunakan di Pit 3 Timur Banko Barat adalah *echelon cut* dan *box cut*. Hasil analisa penelitian di **Gambar 4.19** menyatakan bahwa peledakan dengan pola *box cut* adalah $y = -0,0016x + 0,0942$ dan peledakan dengan pola *echelon cut* adalah $y = -0,0018x + 0,9916$, dimana (y adalah hasil pengaruh

dan x adalah subjek yang mempengaruhi). Kesimpulannya adalah bahwa peledakan *box cut* lebih cenderung menghasilkan PPA lebih besar dibandingkan dengan peledakan dengan pola peledakan *echelon cut* lebih cenderung menghasilkan PPA yang kecil hal tersebut dipengaruhi oleh letak *free face* dan arah peledakan.

Pada penelitian ini yang diamati adalah arah peledakan (arah rambatan getaran) dipengaruhi penempatan *initition point* sehingga arah lemparan material mengarah ke *free face* atau tidak. Berdasarkan konsep pecahnya batuan akibat peledakan, ketika lubang meledak ke segala arah lubang ledak dengan kecepatan maka menghasilkan gaya tegangan tekan untuk memecahkan batuan (proses pecahnya batuan ke-I), maka tegangan tekan ini melewati bidang bebas (*free face*) memantul kembali sehingga timbul gaya tarik apabila kekuatan tarik batuan melewati batuan akan pecah atau retak (proses pecahnya batuan ke-III). Dari hasil penelitian yang dinyatakan pada **Gambar 4.20** adalah arah peledakan getaran mengarah ke *free face* ($y = 1,9559X^{-1,3}$), maka getaran cenderung lebih kecil karena pada pecahnya batuan ke-II arah lemparan material mengarah ke *free face* sehingga pecahnya batuan ke-III untuk melanjutkan penyempurnaan pemecahan batuan dengan memanfaatkan gaya tarik (gaya pantul tegangan tekan) dari pecahnya batuan ke-III sehingga arah rambatan getarannya mengarah ke *free face* (*waste energy* dibuang ke bidang

bebas). Sedangkan peledakan dengan menggunakan pola *box cut*, arah peledakan mendekati *wall* ($y = 2,7035X^{-1,269}$) sehingga getaran akan cenderung lebih besar karena arah rambatan getarannya tidak terbang ke *free face*. Adapaun penjelasan **Tabel 4.5** tentang pengaruh letak *initition point* terhadap arah peledakan sebagai berikut :

- 24 Oktober 2018 (Lokasi 1)

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,013 g. Pada lokasi peledakan ini memiliki ≥ 2 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut*, dimana letak posisi IP dekat dengan *wall* sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) dan ke *wall* (selatan dan barat daya/IP) sedangkan arah peledakannya mengarah ke *free face* (utara, timur laut dan timur). Kesimpulannya adalah ketika dilakukan peledakan, getaran mengarah ke segala arah tetapi arah peledakannya mengarah ke *free face* dan PPA di *wall* cenderung lebih kecil karena getaran terbang ke arah *free face* (pada lubang ledak *control* terbentuk *free face* karena sebagai lubang ledakan awal yang menyebabkan distribusi getaran lubang *echelon* terbang ke *free face*) sehingga getaran menjauhi *wall*.

- 24 Oktober 2018 (Lokasi 2)

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,012 g. Pada lokasi peledakan ini memiliki ≥ 2 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut*, dimana letak posisi IP dekat dengan *wall* sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) dan ke *wall* (selatan dan barat daya/IP) sedangkan arah peledakannya mengarah ke *free face* (utara, timur laut dan timur). Kesimpulannya adalah ketika dilakukan peledakan, getaran mengarah ke segala arah tetapi arah peledakannya mengarah ke *free face* dan PPA di *wall* cenderung lebih kecil karena getaran terbang ke arah *free face* (pada lubang ledak *control* terbentuk *free face* baru karena sebagai lubang ledak awal yang menyebabkan distribusi getaran lubang *echelon* terbang ke *free face*) sehingga getaran menjauhi *wall*.

- 29 Oktober 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,013 g. Pada lokasi peledakan ini memiliki ≥ 2 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut*, dimana letak posisi IP dekat dengan *wall* sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan mengarah vertikal ke permukaan (atas) dan ke *wall* (selatan dan barat daya/IP) sedangkan arah peledakannya mengarah ke *free face* (utara, timur laut dan

timur). Kesimpulannya adalah ketika dilakukan peledakan, getaran mengarah ke segala arah tetapi arah peledakannya mengarah ke *free face* dan PPA di *wall* cenderung lebih kecil karena getaran terbang ke arah *free face* (pada lubang ledak *control* terbentuk *free face* baru karena sebagai lubang ledakan awal yang menyebabkan distribusi getaran lubang *echelon* terbang ke *free face*) sehingga getaran menjauhi *wall*.

- 15 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,074 g. Pada lokasi peledakan ini memiliki ≥ 2 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut*, dimana letak posisi IP dekat dengan *wall* sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) dan ke *wall* (selatan dan barat daya/IP) sedangkan arah peledakannya mengarah ke *free face* (utara, timur laut dan timur). Kesimpulannya adalah ketika dilakukan peledakan, getaran mengarah ke segala arah tetapi arah peledakannya mengarah ke *free face* dan PPA di *wall* cenderung lebih kecil karena getaran terbang ke arah *free face* (pada lubang ledak *control* terbentuk *free face* baru karena sebagai lubang ledakan awal yang menyebabkan distribusi getaran lubang *echelon* terbang ke *free face*) sehingga getaran menjauhi. Akan tetapi pada analisis simulasi rangkaian *surface delay* peledakan, pada

peledakan ini ditemukan ada 6 lubang ledak yang meledak secara bersamaan sehingga memperbesar nilai PPA.

- 26 Oktober 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,065 g. Pada lokasi peledakan ini memiliki ≥ 2 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *echelon cut*, dimana letak posisi IP dekat dengan *free face* sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) dan ke *free face* (timur dan timur laut/IP) sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (selatan, barat daya dan barat). Kesimpulannya adalah ketika dilakukan peledakan, getaran mengarah ke segala arah tetapi arah peledakannya mengarah ke *wall* dan PPA di *wall* cenderung lebih besar karena getaran tidak terbuang maksimal ke arah *free face* (Lubang ledak *control* berada dekat *free face* sehingga distribusi getaran lubang *echelon* mengarah ke *wall* mengikuti arah peledakan) sehingga getaran mendekati *wall*.

- 23 Oktober 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,026 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan

material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbuang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*.

- 27 Oktober 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,055 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (selatan, barat daya, barat, barat laut dan utara). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbuang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*.

- 30 Oktober 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,03 g. Pada lokasi ledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga

pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*. Dan pada peledakan ini, nilai PPA diperbesar karena dalam analisis simulasi rangkaian *surface delay* peledakan ditemukan 2 lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

- 31 Oktober 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,039 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan

getaran tidak terbuang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*. Dan pada peledakan ini, nilai PPA diperbesar karena dalam analisis simulasi rangkaian *surface delay* peledakan ditemukan 2 lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

- 6 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,033 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbuang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*. Dan pada peledakan ini, nilai PPA diperbesar karena dalam analisis simulasi rangkaian *surfce delay* peledakan ditemukan 2 lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

- 8 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,106 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana

letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*. Dan pada peledakan ini, nilai PPA diperbesar karena dalam analisis simulasi rangkaian *surface delay* peledakan ditemukan 4 lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

- 9 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,015 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan

getaran tidak terbang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*.

- 13 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,043 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*. Dan pada peledakan ini, nilai PPA diperbesar karena dalam analisis simulasi rangkaian *surface delay* peledakan ditemukan 2 lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

- 16 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,035 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan

material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbuang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*. Dan pada peledakan ini, nilai PPA diperbesar karena dalam analisis simulasi *surface delay* peledakan ditemukan 2 lubang ledak yang meledak secara bersamaan.

- 17 November 2018

Pada pengukuran getaran peledakan, nilai PPA adalah 0,016 g. Pada lokasi peledakan ini hanya memiliki 1 *free face* sehingga pola peledakan yang digunakan adalah *box cut*, dimana letak posisi IP berada di tengah pojok rangkaian peledakan sehingga ketika dilakukannya peledakan maka arah lemparan material mengarah vertikal ke permukaan (atas) ke IP dan ditengah lokasi peledakan sedangkan arah peledakannya mengarah ke *wall* (utara, timur laut, timur, tenggara dan selatan). Kesimpulannya adalah PPA cenderung lebih besar karena arah rambatan getaran mengarah ke segala arah, arah peledakannya mengarah ke *wall* dan getaran tidak terbuang ke arah *free face* sehingga getaran mendekati *wall*.

E. Rekomendasi Penurunan Percepatan Getaran Akibat Peledakan

Dalam perencanaan *final wall*, Departemen Geotek merancang dampak getaran peledakan terhadap *wall* adalah 0,03 g mengacu pada peta percepatan puncak di batuan dasar daerah Kabupaten Muara Enim. Dimana dampak getaran peledakan aktual di lapangan tidak dianalisis secara berkelanjutan mengingat bahwa *wall* di Pit 3 Timur Banko Barat masih tahap pengembangan sehingga nilai faktor keamanan lereng masih aman ketika dilakukan peledakan. Dan pada kegiatan peledakan, Departemen Bordak melalui *trial and error* untuk menghasilkan peledakan yang baik dan aman dari dampak negatif peledakan sehingga didapatlah geometri peledakan seperti yang ditetapkan. Dengan penggunaan isian bahan peledak yang bervariasi seperti 85, 88, 92, 85 dan 106 kg, maka untuk mengantisipasi dampak getaran peledakan sebesar 0,03 g terhadap *wall* diperlukan batasan-batasan untuk tidak mempengaruhi kondisi *wall*. Batasan tersebut adalah jarak peledakan, pola peledakan dan arah peledakan. Berikut ini adalah rekomendasi untuk kegiatan peledakan menghasilkan getaran tidak melampaui standar perusahaan :

1. Peledakan Dengan Pengontrolan Waktu Tunda

Dari kegiatan peledakan di lapangan, dilakukan pengukuran getaran 15 kegiatan peledakan pada tanggal 1 Oktober 2018 – 5 Desember 2018 sehingga dianalisis untuk dilakukan pengecekan ulang simulasi peledakan di lapangan, hasilnya adalah terdapat 8

kegiatan peledakan yang terjadi lubang ledak yang meledak secara bersamaan sehingga menghasilkan getaran peledakan yang cenderung besar. Dari **Tabel 4.8** adalah analisis ulang dengan menggunakan aplikasi *ShotPlus-i* untuk memastikan tidak terjadinya lubang yang meledak secara bersamaan. Sehingga dari **Gambar 4.20** dapat dianalisis bahwa nilai simulasi ulang *tie up* menghasilkan percepatan getaran peledakan cenderung lebih kecil dibandingkan *tie up* aktual di lapangan. Dari analisa di lapangan, terjadi penyimpangan terhadap rencana peledakan harian. Seperti jumlah lubang yang direncanakan, tidak sesuai di lapangan sehingga penentuan pada rangkaian *surface delay* peledakan yang telah dirancang tidak ada pengecekan ulang untuk mengetahui lubang ledak yang meledak secara bersamaan melalui rancangan tersebut. Sebaiknya *team* lapangan dan *team* kantor melakukan komunikasi yang baik sehingga lubang ledak yang tersedia di lapangan jika terjadi perbedaan dengan rencana masih dapat dilakukan perubahan ulang sehingga pada permintaan *surface delay* di gudang handak sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan perubahan rangakain *surface delay* sebaiknya tetap dilakukan pengecekan ulang dengan *software ShotPlus-i* sehingga tidak ditemukan lubang yang meledak secara bersamaan. Berdasarkan analisa di lapangan dengan menggunakan jeda *surface delay* 3000 ms sebanyak ≤ 2 buah pada rangkaian lubang

control di tengah, dalam grafik **Gambar 4.22** menyatakan bahwa peledakan yang menggunakan ≤ 2 buah jeda *surface delay* 3000 ms pada rangkaian lubang *control* di tengah percepatan getaran peledakan cenderung lebih kecil dibandingkan peledakan tanpa menggunakan jeda *surface delay* 3000 ms di rangkaian lubang *control* sehingga menghasilkan percepatan getaran peledakan yang cenderung lebih besar.

2. Batasan Jarak Peledakan Terhadap Struktur di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk

Berdasarkan batas kritis percepatan getaran peledakan standar perusahaan adalah 0,03 g dan geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan dengan isian bahan peledak bervariasi 85 kg, 88 kg, 92 kg, 95 kg dan 106 kg. Maka didapatkanlah jarak aman dilakukan peledakan dipengaruhi oleh arah peledakan dan pola peledakan sehingga tidak mempengaruhi *wall* di sekitar lokasi peledakan. Adapun jarak kritisnya adalah sebagai berikut :

- Isian bahan peledak 85 kg (PPA = 0,03 g)

Dengan geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan dan isian bahan peledak 85 kg, maka dengan arah peledakan ke *free face* maka jarak aman yang disarankan dilakukan peledakan terhadap *wall* adalah 230 meter sedangkan arah peledakan ke *wall* adalah 320 meter.

- Isian bahan peledak 88 kg (PPA = 0,03 g)

Dengan geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan dan isian bahan peledak 88 kg, maka dengan arah peledakan ke *free face* maka jarak aman yang disarankan dilakukan peledakan terhadap *wall* adalah 235 meter sedangkan arah peledakan ke *wall* adalah 325 meter.

- Isian bahan peledak 92 kg (PPA = 0,03 g)

Dengan geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan dan isian bahan peledak 92 kg, maka dengan arah peledakan ke *free face* maka jarak aman yang disarankan dilakukan peledakan terhadap *wall* adalah 240 meter sedangkan arah peledakan ke *wall* adalah 330 meter.

- Isian bahan peledak 95 kg (PPA = 0,03 g)

Dengan geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan dan isian bahan peledak 95 kg, maka dengan arah peledakan ke *free face* maka jarak aman yang disarankan dilakukan peledakan terhadap *wall* adalah 240 meter sedangkan arah peledakan ke *wall* adalah 330 meter.

- Isian bahan peledak 106 kg (PPA = 0,03 g)

Dengan geometri peledakan yang ditetapkan perusahaan dan isian bahan peledak 106 kg, maka dengan arah peledakan ke *free face* maka jarak aman yang disarankan dilakukan peledakan

terhadap *wall* adalah 240 meter sedangkan arah peledakan ke *wall* adalah 335 meter.

3. Pengaruh Arah Peledakan dalam Penggunaan Pola Peledakan

Pengaruh arah peledakan terhadap PPA adalah lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *echelon cut* dengan letak IP dekat dengan *wall* maka PPA cenderung kecil karena arah peledakan atau rambatan getaran dibuang ke arah *free face* (getaran menjauhi *wall*), lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *echelon cut* dengan letak IP dekat dengan *free face* maka PPA cenderung besar karena arah peledakan atau rambatan getaran ke arah *wall* (getaran mendaki *wall*) dan lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *box cut* dengan letak IP pojok tengah rangkaian maka PPA cenderung besar karena arah peledakan atau rambatan getaran tidak dibuang ke arah *free face* (getaran mendekati *wall*).

Dari pengukuran getaran peledakan di *wall* pada tanggal 01 Oktober 2018 – 5 Desember 2018 bahwa dari 15 kegiatan peledakan, hanya 5 peledakan yang nilai getarannya tidak melampaui standar getaran peledakan di *wall* perusahaan. Sehingga penerapan rekayasa arah peledakan dapat meminimalisir getaran peledakan di *wall* (getaran peledakan menjauhi *wall*). Oleh sebab itu untuk merekayasa agar getaran menjauhi *wall* maka lokasi peledakan dengan menggunakan pola

peledakan *echelon cut* yang letak IP dekat dengan *free face* tidak disarankan diterapkan karena arah peledakannya mengarah ke *wall* sehingga getaran mendekati *wall* sebaiknya perlunya merencanakan keadaan teknis di lapangan agar letak IP dekat *wall* sehingga getaran menjauhi *wall*. Sedangkan lokasi peledakan dengan menggunakan pola peledakan *box cut* yang arah peledakannya mengarah ke *wall* sehingga menghasilkan getaran peledakan yang cenderung besar, caranya dengan penjadwalan lokasi peledakan yang *box cut* sehingga lokasi A yang berdekatan dengan lokasi B diledakan terlebih dahulu sehingga lokasi A yang telah di diledakan akan menjadi *free face* terhadap lokasi B. Dengan cara tersebut dapat mengurangi pemakaian pola peledakan *box cut* untuk mengurangi pengaruh getaran peledakan cenderung lebih besar diterima *wall*, cara tersebut dapat dilakukan dengan meninjau keadaan teknis di lapangan. Akan tetapi apabila lokasi peledakan tersebut tidak dapat direkayasa arah peledakannya sehingga getaran mendekati *wall*, sebaiknya perlunya penggunaan teknik peledakan agar getaran peledakan menjauhi *wall* dan tidak mengganggu kondisi *wall*. Teknik peledakan tersebut adalah sebagai berikut :

- Teknik Peledakan *Air Decking*

Penerapan metode peledakan *air decking* dilakukan dengan cara mengurangi panjang *stemming* atau jumlah isian handak.

Dimana bagian yang dikurangi tersebut diisi oleh *gas bag* (plastik udara) untuk mengurangi gaya penahan ketika terjadinya distribusi peledakan. Tujuan akhir dari metode ini adalah untuk memaksimalkan distribusi energi peledakan sehingga efek getaran peledakan cenderung lebih kecil karena energi terpakai sempurna.

- Teknik Peledakan *Line Drilling*

Penerapan metode peledakan *line drilling* dilakukan dengan membuat lubang bor kosong yang berdiameter sama dengan lubang lainnya tetapi lubang tersebut tidak diisi bahan peledak. Sehingga bagian tersebut akan menjadi *free face* untuk meredam arah rambatan getaran peledakan.

Berdasarkan analisa tersebut perlunya penanganan khusus lanjutan perihal percepatan getaran peledakan yang terhadap *wall* di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk. Dimana dalam penanganan hal tersebut juga harus memperhitungkan kondisi teknis, sehingga percepatan getaran peledakan dapat diminimalisir sehingga getaran menjauhi *wall* dan tidak mengganggu kestabilan lereng akibat getaran peledakan di *wall*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Geometri peledakan yang diterapkan di Pit 3 Timur Banko Barat adalah *burden* (B) adalah 8 m, *spacing* (S) adalah 9 m, kedalaman lubang ledak (H) adalah 8 m, *powder column* (PC) adalah 4 m dan *stemming* (T) adalah 4 m dan *powder factor* (PF) adalah 0,16 – 0,19 kg/bcm
2. Berdasarkan hasil pengamatan kegiatan peledakan di Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk pada tanggal 1 Oktober 2018 – 5 Desember 2019, hasil pengaruh arah peledakan terhadap nilai *peak particle acceleration* (getaran peledakan) di *wall* bahwa lokasi peledakan yang arah peledakannya mengarah ke *free face* nilai PPA cenderung kecil di *wall* karena getarannya terbuang ke *free face* (getaran menjauhi *wall*) sedangkan lokasi peledakan yang arah peledakannya mengarah ke *wall* maka nilai PPA cenderung besar di *wall* karena getaran tidak terbuang ke arah *free face* (getaran mendekati *wall*). Dengan menerapkan perekayasaan arah peledakan ke *free face* dapat mengurangi nilai getaran peledakan (PPA) sehingga getaran peledakan menjauhi *wall* (PPA cenderung kecil ke *wall*).

5.2 Saran

1. Rangkaian peledakan sebaiknya disimulasi ulang di lapangan atau mengecek kesesuaian rencana terhadap aktual di lapangan untuk menghindari *human error* pada saat merangkai *surface delay* sehingga dapat menyebabkan lubang yang meledak secara bersamaan. Pentingnya menggunakan ≤ 2 buah jeda *surface delay* 3000 ms pada rangkaian lubang ledak *control* di tengah disesuaikan dengan keadaan teknis di lapangan sehingga percepatan getaran peledakan cenderung lebih kecil dan penggunaan jeda *surface delay* 3000 ms agar tidak memperbesar dan memperpanjang distribusi rambatan getaran dari lubang-lubang ledak *echelon*.
2. Standar PPA di PT. Bukit Asam, Tbk adalah 0,03 g, sehingga penentuan jarak kritis peledakan dapat ditentukan berdasarkan pola peledakan yang mempengaruhi arah peledakan. Sebaiknya batasan peledakan adalah (*charge weight* 85 kg, maka jarak kritis ke *wall* dengan arah peledakan ke *free face* adalah 230 m dan arah peledakan ke *wall* adalah 320 m), (*charge weight* 88 kg, maka jarak kritis ke *wall* dengan arah peledakan ke *free face* adalah 235 m dan arah peledakan ke *wall* adalah 325 m), (*charge weight* 92 kg, maka jarak kritis ke *wall* dengan arah peledakan ke *free face* adalah 240 m dan arah peledakan ke *wall* adalah 330 m), (*charge weight* 95 kg, maka jarak kritis ke *wall* dengan arah peledakan ke *free face* adalah 240 m dan arah peledakan ke *wall* adalah 335 m), (*charge weight* 106 kg, maka jarak

kritis ke *wall* dengan arah peledakan ke *free face* adalah 255 m dan arah peledakan ke *wall* adalah 355 m).

3. Untuk mengurangi nilai getaran pada *wall*, sebaiknya dilakukan perenkayasa arah peledakan sehingga dapat menurunkan nilai PPA di *wall* (getaran menjauhi *wall*) dengan cara lokasi peledakan yang memiliki ≥ 2 *free face* letak IP sebaiknya dekat dengan *wall* sehingga arah peledakan dan getaran terbang ke arah *free face* sedangkan lokasi peledakan yang hanya memiliki 1 *free face* sebaiknya melakukan peledakan dengan teknik *air decking*, *line drilling* dan penjadwalan khusus untuk lokasi tersebut tujuannya untuk memperkecil getaran peledakan yang dapat merusak struktur *wall*.



DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, Mukhammad Sofyan Rizka. 2017. *Analisis Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Pit Roto Selatan Site Kideco Kecamatan Batu Sopang Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur*. Semarang: Departemen Geologi, Universitas Diponegoro.
- Alvionya, A. 2016. *Analisis Getaran Tanah (Ground Vibration) Pada Kegiatan Peledakan Overburden Di Pit Paringin PT. BUMA Jobsite PT. Adaro Indonesia*. Palangka Raya: Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.
- Anonim. 2010. *Slide Kuliah Bahan Peledak dan Teknik Peledakan*. Bandung: Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.
- Arif, I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Dowding, Charles H. 1985. *Blast Vibration and Monitoring*. USA: Northwestern University.
- Hoek, E dan Bray, J.W. 2000. *Rock Slope Engineering 3rd Edition*. London: The Institution of Mining and Metallurgy.
- Koesnaryo, S. 1987. *Bahan Peledak Industri*. Yogyakarta: Fakultas Tambang Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Koesnaryo, S. 1988. *Bahan Peledak dan Metode Peledakan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Koesnaryo, S. 2001. *Pemboran Untuk Penyediaan Lubang Ledak*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Koesnaryo, S. 2001. *Rancangan Peledakan Batuan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta.

- Panggaribuan, R. 2017. *Kegiatan Pada Peledakan Batuan Penutup Di PT. Kalimantan Prima Persada Job Site Rantau Provinsi Kalimantan Selatan*. Banjarmasin: Program Studi DIII Teknik Pertambangan, Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Pasang, J. 2012. *Analisis Pengaruh Pola Rangkaian Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah (Ground Vibration Level) Pada PT. Multi Harapan Utama Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Samarinda: Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman.
- Purba, F., dan Marlina, E. 2016. *Pengamatan Kegiatan Pemboran dan Peledakan Pada Overburden Di PT. Pamapersada Nusantara Distrik Kideco*. Palangka Raya: Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.
- Saptono, S. 2006. *Teknik Peledakan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- Silaen, J.C. 2015. *Analisis Ground Vibration Pada Kegiatan Peledakan Di Pit Kinong PT. Firman Ketaun Perkasa Kecamatan Melak Kabupaten Kutai Barat Provinsi Kalimantan Timur*. Palangka Raya: Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.
- Silaen, M.k., dan Rosdayana. 2016. *Geometri Pengeboran dan Peledakan Pada Overburden Di Pit 71 N PT. Karunia Wahananusa Job Site PIK Bengalon*. Palangka Raya: Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Palangka Raya.
- Subandi. 2018. *Blast Design Pit 3 Timur Banko Barat PT. Bukit Asam, Tbk*. Palembang: Departemen Bordak PT. Bukit Asam, Tbk
- Turnip, T. 2012. *Analisis Getaran Lereng Terhadap Kemantapan Lereng Highwall di Tambang Tutupan PT. Adaro Indonesia*. Bandung: Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung.