

**ANALISIS PENGARUH PELEDAKAN TERHADAP GETARAN TANAH
(*GROUND VIBRATION LEVEL*) DI ROM 5 PIT TUTUPAN
PT. PAMAPERSADA NUSANTARA *JOBSITE*
PT. ADARO INDONESIA KABUPATEN TABALONG
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN**

SKRIPSI



OLEH :

**WILLY NADEAK
NIM. DBD 112 034**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN/PRODI TEKNIK PERTAMBANGAN
PALANGKA RAYA
2020**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : WILLY NADEAK
NIM : DBD 112 034
JURUSAN : TEKNIK PERTAMBANGAN

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

Palangka Raya, 29 Januari 2020

Penulis,



Willy Nadeak

NIM. DBD 112 034

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Sebab Aku ini mengetahui rancangan – rancangan apa yang ada padaKu mengenai kamu, dmikianlah firman Tuhan, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan."

(Yeremia 29:11)

- ❖ Terima kasih untuk bapak saya (Kesman Nadeak) karena telah mendukung saya dengan hal apapun dalam bentuk kasih sayang dan doa.
- ❖ Terima kasih kepada kakak saya (Dewinta Nadeak, Henny Nadeak) yang sudah mendukung dan membantu dalam hal apapun.
- ❖ Terima kasih kepada Ibu Rasita Sembiring, Bapak/Ibu Gembala Sidang, Bapak Tomy Sinaga, Bapak Hendy Novrisha dan anggota komsel atas Doa – doa dan bantuannya.
- ❖ Terima kasih kepada pembimbing serta penguji skripsi saya, Pak Stephanus Alexsander, Pak Pak Yulian Taruna, Ibu Novalisae, Pak Ferdinandus, dan Pak Yos David Inso karena berkat bantuan dan bimbingan bapak skripsi ini dapat terselesaikan.
- ❖ Terimakasih kasih kepada seluruh Dosen dan Staff jurusan/prodi teknik pertambangan UPR yang telah membantu maupun mendukung dalam hal dan bentuk apapun.
- ❖ Terima Kasih juga kepada teman teman angkatan 2012 yang masih berjuang Bersama – sama hingga sampai selesai semua menyelesaikan studinya.

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI


ANALISIS PENGARUH PELEDAKAN TERHADAP GETARAN TANAH
(GROUND VIBRATION LEVEL) DI ROM 5 PIT TUTUPAN
PT. PAMAPERSADA NUSANTARA JOBSITE
PT. ADARO INDONESIA KABUPATEN TABALONG
PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Oleh :


WILLY NADEAK
DBD 112 034

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada Tanggal Januari 2020
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

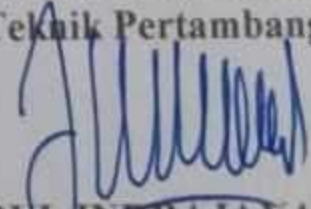
Susunan Tim Penguji,

- | | | |
|---|------------|---|
| 1. Dr. STEPHANUS ALEXSANDER, ST., MT.
NIP. 19790622 200801 1 007 | Ketua |  |
| 2. Ir. YULIAN TARUNA, M.Si.
NIP. 19580705 198903 1 019 | Sekretaris |  |
| 3. NOVALISAE, ST., MT.
NIP. 19881110 201903 2 015 | Anggota |  |
| 4. FERDINANDUS, ST., MT.
NIP. 19891116 201903 1 009 | Anggota |  |
| 5. YOS DAVID INSO, ST., MT.
NIP. 19880404 201903 1 014 | Anggota |  |

Mengetahui,
Dekan
Fakultas Teknik


Ir. WALUYO N. SWANTORO, MT
NIP. 19651119 199302 1 001

Menyetujui,
Ketua Jurusan
Teknik Pertambangan


FAHRUL INDRAJAYA, ST., MT
NIP. 19791215200812 1 001

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah, Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat karunia dan izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Syukur kepada-Nya senantiasa penulis ucapkan atas segala nikmat yang diberikan. Didalam Skripsi ini, penulis membahas mengenai hal-hal yang berkaitan dengan pengaruh peledakan terhadap getaran tanah dengan perbandingan PPV secara teoritis dan aktual. Penelitian dengan judul "Analisis pengaruh peledakan terhadap getaran tanah (*ground vibration*) di ROM 5 Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT. Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan” 02 April Oktober 2018 sampai dengan 30 Mei 2018.

Dalam kesempatan kali ini penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Fahrul Indrajaya, ST., MT. Ketua Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Yossa Yonathan Hutajulu, ST., MT. Sekretaris Jurusan Teknik Pertambangan.
4. Ibu Lisa Virgiyanti, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing Akademik Penulis
5. Bapak Dr. Stephanus Aleksander, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing I Skripsi
6. Bapak Ir. Yulian Taruna, M.Si, selaku Pembimbing II Skripsi

7. Ibu Novalisae, ST., MT, selaku Penguji I Skripsi
 8. Bapak Ferdinandus, ST., MT, selaku Penguji II Skripsi
 9. Bapak Yos David Inso, ST., MT, selaku Penguji III Skripsi
 10. Bapak Suhernomo, KTT di PT. Adaro Indonesia
 11. Bapak Pitra Darmana, *project manager* PT. Pamapersada Nusantara *jobsite* Adaro
 12. Bapak Maslian Prima Togar Manurung, *dept. head* DNB
 13. Bapak Tuppak Limbong, Bapak Winner Sinaga, Bapak Muh. Aditya Rahman, Bapak Dani, Bapak Haryoto sebagai Pembimbing Lapangan penulis
- Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan laporan Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan dan buku literatur yang penulis miliki. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan laporan Skripsi ini. Penulis berharap agar laporan ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya kepada teman mahasiswa/i Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, Januari 2020

Penulis

SARI

Penelitian ini dilaksanakan Pada PT. Pamapersada Nusantara *Job Site* PT. Adaro Indonesia yang berlokasi di Kecamatan Paringin, Kabupaten Tabalong, Provinsi Kalimantan Selatan. Pada pelaksanaan kegiatan peledakan untuk membongkar batuan atau *overburden* menimbulkan dampak yang baik maupun buruk, dimana dampak baik bagi perusahaan apabila target produksi peledakan tercapai, akan tetapi juga menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan sekitarnya. Adapun getaran yang dihasilkan oleh suatu kegiatan peledakan dapat dirasakan secara langsung akan tetapi besar / kuat getaran itu sendiri hanya dapat diukur oleh alat yang sudah dirancang untuk merekam getaran yaitu *micromate*. Adapun uat / besarnya getaran dinyatakan dalam *peak particle velocity* (PPV) dalam satuan mm/s, dimana apabila data getaran yang terekam lewati batas aman getaran 2 mm/s, maka getaran peledakan tersebut tidak aman untuk bangunan sekiatr lokasi peledakan.

Untuk memprediksikan PPV getaran, digunakan persamaan *scaled distance* dimana factor jumlah maksimum muatan bahan peledak serta jarak antara lokasi peledakan dengan pengukuran menjadi penentu besar / kuatnya getaran. Akan tetapi pada kenyatannya, keakuratan prediksi PPV untuk setiap pola peledakan yang diterapkan hanya berkisar antara 31,62% - 48,83% terdapat perbedaan yang cukup jauh antara PPV prediksi dan PPV actual. Berdasarkan data hasil pengukuran getaran selama bulan April – Mei 2018, menunjukkan bahwa semua getaran hasil peledakan masih berada pada batas aman, sehingga aman untuk bangunan sekitar lokasi peledakan, yaitu kantor Induksi Adaro dan Gudang handak dimana PT. Adaro memberikan standar vibrasi untuk PT. PAMA, yaitu 2 mm/s untuk Gudang handak dan 5 mm/s untuk kantor induksi, apabila didapati melewati dari 2 nilai ambang batas tersebut, maka ada inspeksi langsung dan diberikan sanksi tegas pada perusahaan yang melakukan operasi peledakan.

Adapun Faktor – faktor yang mempengaruhi besar kecil nya getaran peledakan adalah geometri peledakan, akan tetapi tidak memungkinkan untuk mengubah desain geometri karena sudah tepat sesuai dengan pertimbangan ekonomi bag perusahaan, sehingga yang paling memungkinkan untuk dirombak adalah pola peledakan yang diterapkan dimana dalam penggunaan system penyalaan pola peledakan tersebut dipastikan bahwa tidak ada lubang yang meledak secara bersamaan dan menunjukkan adanya waktu tunda pada saat terjadi inisiasi lubang tembak, demikian dampak getaran hasil peledakan dapat diminimalisir.

Kata Kunci : Getaran tanah, PPV , Waktu Tunda dan Pola Peledakan

ABSTRACT

This research was conducted at PT. Pamapersada Nusantara Job Site PT. Adaro Indonesia is located in Paringin District, Tabalong Regency, South Kalimantan Province. In the implementation of blasting activities to dismantle rocks or overburden cause good or bad impacts, where the impact is good for the company if the blasting production target is achieved, but also has a negative impact on the surrounding environment. The vibration produced by a blasting activity can be felt directly but the magnitude of the vibration itself can only be measured by a device that has been designed to record vibrations, namely micromate. The magnitude / magnitude of vibration is expressed in peak particle velocity (PPV) in units of mm / s, where if the recorded vibration data exceeds the safe limit of vibration 2 mm / s, then the blasting vibration is not safe for buildings around the blasting location.

To predict the vibration PPV, a scaled distance equation is used where the maximum amount of explosive charge and the distance between the blasting location and the measurement are determinants of the magnitude / strength of the vibration. However, in reality, the accuracy of PPV predictions for each blasting pattern applied is only between 31.62% - 48.83%. There is a considerable difference between predicted PPV and actual PPV. Based on data from the vibration measurement results during April - May 2018, it shows that all the vibrations resulting from blasting are still within safe limits, so it is safe for buildings around the blasting location, namely the Adaro Induction Office and explosives warehouse where PT. Adaro provides vibration standards for PT. PAMA, which is 2 mm / s for explosives warehouses and 5 mm / s for induction offices, if found to exceed the 2 threshold values, there is a direct inspection and strict sanctions are imposed on companies conducting blasting operations.

The factors that influence the size of the blasting vibration are the blasting geometry, but it is not possible to change the geometry design because it is precisely in accordance with economic considerations for the company, so the most likely to be overhauled is the blasting pattern applied where in the use of a pattern ignition system the blast was ensured that no holes exploded simultaneously and showed a time delay at the time of the initiation of the firing hole, so that the vibrational effects of the blasting could be minimized.

Keywords: Ground Vibration, PPV, Delay Time and Blasting Pattern

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pola Peledakan	8
2.3 Geometri Peledakan	10
2.4 Bahan Peledak	22
2.4.1 Sifat Bahan Peledak	25
2.4.2 Klasifikasi Bahan Peledak	28
2.5 Energi Pada Peledakan	32
2.6 Mekanisme Pecahnya Batuan	34
2.7 Getaran dan Gelombang	37
2.7.1 Getaran Tanah (<i>Ground Vibration</i>)	38
2.7.2 Komponen – komponen Getaran Tanah	44
2.7.3 Gelombang	46
2.8 Kontrol Vibrasi	51
2.9 Standard Vibrasi	54
BAB III METODE PENELITIAN.....	57
3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian	57
3.1.1 Profil dan Sejarah Perusahaan	57
3.1.2 Lokasi Dan Kesampaian Daerah.....	58
3.1.3 Keadaan Iklim Dan Curah Hujan.....	59
3.2 Kondisi Geologi Regional.....	61
3.2.1 Statigrafi	62
3.3 Geologi Daerah Penelitian	64
3.3.1 Morfologi	64
3.3.2 Litologi	65

3.3.3	Struktur Geologi	66
3.4	Kegiatan Penambangan	67
3.5	Tata Laksana Penelitian	68
3.5.1	Metode	68
3.5.2	Metode Pengumpulan Data	70
3.5.3	Prosedur Pengambilan Data	71
3.5.4	Alat dan Bahan	72
3.6	Metodologi Penelitian	73
3.6.1	Proses Penelitian di Lapangan	73
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	75
4.1	Hasil	75
4.1.1	Perbandingan Nilai PPV Teoritis Dan Aktual	92
4.1.2	Perbandingan PPV Berdasarkan Pola Peledakan	93
4.1.3	Upaya Untuk Meminimalisir Getaran Akibat Peledakan	96
4.2	Pembahasan	97
BAB V	PENUTUP	99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran	99

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN - LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
Tabel 2.1	Baku Tingkat Getaran Peledakan Terhadap Bangunan (SNI)	54
Tabel 2.2	Kriteria Pembatasan Kecepatan Partikel	55
Tabel 2.3	Acuan Kriteria Kerusakan	55
Tabel 3.1	Curah Hujan Tahunan	60
Tabel 4.1	Geometri Peledakan Bulan April 2018	82
Tabel 4.2	Geometri Peledakan Bulan Mei 2018	83
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran <i>Ground Vibration</i> Bulan April 2018	86
Tabel 4.4	Data Hasil Pengukuran <i>Ground Vibration</i> Bulan Mei	88
Tabel 4.5	Perhitungan PPV Secara Teoritis	92
Tabel 4.5	Perhitungan PPV untuk Pola <i>Echelon Cut</i>	93
Tabel 4.6	Perhitungan PPV Untuk Pola <i>Box Cut</i>	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Pola Pemboran Bujursangkar (<i>Square pattern</i>)	5
Gambar 2.2 Pola Pemboran Persegi Panjang (<i>Rectangular pattern</i>)	6
Gambar 2.3 Pola Pemboran Zig – zag (<i>Staggered Pattern</i>)	6
Gambar 2.4 Pola Peledakan <i>Box Cut</i>	8
Gambar 2.5 Pola Peledakan <i>Echelon Cut</i>	9
Gambar 2.6 Pola Peledakan <i>V – Cut</i>	9
Gambar 2.7 Pengaruh <i>Burden</i> Bagi Hasil Peledakan	12
Gambar 2.8 Pengaruh Diameter Lubang Tembak Bagi Tinggi <i>Stemming</i> .	21
Gambar 2.10 Distribusi Energi Yang Dihasilkan Peledakan	34
Gambar 2.11 Proses Pemecahan Batuan Tahap I	35
Gambar 2.12 Proses pemecahan batuan tahap II	36
Gambar 2.13 Proses pemecahan batuan tahap III	37
Gambar 2.14 Alat Pengukur Getaran <i>Micromate InstanTel</i>	40
Gambar 2.15 Hubungan Perpindahan Ideal dan Waktu Getaran	44
Gambar 2.16 Arah Relatif dari Getaran	46
Gambar 2.17 Lintasan Tempuh Gelombang	48
Gambar 2.18 Lintasan Gelombang Seismik	50
Gambar 2.19 Grafik Baku Tingkat Getaran Pada Tambang Terbuka Terhadap Bangunan	56
Gambar 3.1 Lokasi PT. Adaro Indonesia	59
Gambar 3.2 Grafik Curah Hujan Tahun 2002 – 2017	60
Gambar 3.3 Peta Geologi Regional Wilayah dan Ijin Usaha Pertambangan PT. Adaro Indonesia	61
Gambar 3.4 Statigrafi Cekungan Barito	63
Gambar 3.5 Statigrafi Tutupan Deposit	64
Gambar 3.6 Proses Penambangan PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro	68
Gambar 3.7 Teknik Pengukuran Menggunakan <i>Micromate</i>	73

Gambar 4.1	<i>Drilling Machine Terex Reedrill SKF 50</i>	77
Gambar 4.2	Mata Bor <i>Tricone Bit</i>	77
Gambar 4.3	Pola Pemboran <i>Staggered</i>	78
Gambar 4.4	<i>ANFO Mobile Mixing Unit</i>	79
Gambar 4.5	<i>Booster</i>	80
Gambar 4.6	<i>Inhole Delay</i>	80
Gambar 4.7	<i>Surface Delay Detonator</i>	80
Gambar 4.8	Perbandingan Pola <i>Echelon</i> dan <i>Box Cut</i>	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

- A Peta Kesampaian Lokasi Penelitian
- B Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam operasi penambangan, terutama pada tambang terbuka, peledakan merupakan metode yang paling sering digunakan untuk memberaikan batuan. Energi yang dihasilkan oleh bahan peledak akan ditransmisikan kedalam massa batuan sehingga batuan tersebut akan terberaikan. Semakin besar energi yang ditransmisikan kedalam massa batuan, maka akan semakin kecil ukuran fragmentasi batuan yang dihasilkan oleh proses peledakan tersebut. Namun pada kenyataannya, selain memberikan efek hancuran pada batuan, energi yang dihasilkan dari suatu operasi peledakan juga akan menimbulkan berbagai efek negatif terhadap lingkungan.

Efek – efek negatif dari peledakan diantaranya adalah getaran tanah (*ground vibration*), kebisingan, batu terbang (*fly rock*). Ledakan udara (*air blast*) dan polusi udara. Dari semua dampak negatif, getaran tanah (*ground vibration*) menjadi perhatian utama dalam penelitian ini, hal ini disebabkan getaran tanah hasil peledakan dapat merusak struktur bangunan di sekitar lokasi peledakan apabila tingkat getaran melewati batas aman.

Getaran tanah (*ground vibration*) umumnya dinyatakan dalam *peak particle velocity* (PPV). Getaran tanah yang dihasilkan tersebut sangat dipengaruhi oleh muatan bahan peledak per *delay* dan jarak dari titik

peledakan ke lokasi pengukuran. Getaran tanah pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan.

Tingkat getaran peledakan bervariasi tergantung pada rancangan peledakan dan kondisi geologi dari batuan. Untuk itu penerapan metode peledakan harus benar dan sesuai dengan kondisi batuan yang akan diledakkan. Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekelilingnya berdasarkan standar vibrasi yang ditetapkan oleh SNI bahwa getaran dikategorikan aman terhadap bangunan apabila nilai PPV tidak melewati 2 mm/s. Hal ini berarti bahwa pengaruh dari getaran peledakan yang berada diluar standar ukuran peledakan yang diizinkan akan menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan keamanan bangunan – bangunan atau lereng – lereng tambang disekitarnya.

Pada salah satu tambang yang dikelola PT. Pamapersada Nusantara *jobsite* PT. Adaro Indonesia, Pit Tutupan, pembongkaran *overburden* dilakukan dengan menggunakan metode pemboran dan peledakan, dimana kegiatan pemboran dan peledakan dilaksanakan oleh PT. PAMA sendiri dan diawasi oleh PT. Adaro Indonesia dalam prosedur pelaksanaannya serta dalam pemenuhan kebutuhan akan bahan peledak dan perlengkapan peledak ditangani oleh PT. MNK dan PT. Dahana (Persero).

Hal ini dilakukan mengingat lapisan batuan disini berupa *sandstone* mempunyai tingkat kekerasan yang cukup tinggi sehingga tidak efektif lagi apabila menggunakan metode *ripping – dozing*. Dikarenakan lokasi Pit Tutupan yang berdekatan dengan gudang peledak dan kantor induksi Adaro, oleh karena itu pada saat melakukan peledakan di pit tersebut maka harus melakukan pengukuran getaran tanah di lokasi tersebut. Besarnya getaran tanah yang ditimbulkan akan mempengaruhi struktur bangunan – bangunan yang ada disekitar lokasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa faktor – faktor yang mempengaruhi nilai getaran tanah yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan di Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara ?
2. Apakah nilai PPV getaran tanah yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan di Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara secara prediksi maupun aktual masih berada pada batas aman terhadap bangunan sekitar lokasi peledakan ?
3. Bagaimana perbandingan nilai PPV Prediksi dan Aktual getaran berdasarkan pola peledakan yang digunakan di Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui apa saja faktor – faktor yang mempengaruhi nilai getaran tanah hasil peledakan di Pitutupan PT. Pamapersada Nusantara.
2. Mengetahui apakah nilai PPV teoritis dan aktual getaran tanah hasil peledakan di Pit Tutupan PT. Pamapersada Nusantara berada pada batas aman terhadap bangunan sekitar lokasi peledakan.
3. Mengetahu perbandingan nilai PPV Prediksi dan Aktual berdasarkan pola peledakan yang digunakan di Pitutupan PT. Pamapersada Nusantara.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh bila tujuan penelitian tercapai yaitu faktor – faktor yang mempengaruhi getaran tanah hasil peledakan serta dampaknya terhadap bangunan sekitar lokasi peledakan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian skripsi ini penyusun membatasi masalah sebagai berikut:

1. Penelitian skripsi ini tidak membahas aspek ekonomi, target produksi peledakan serta hasil peledakan yang lain seperti *air blast*, *fly rock*, dan fragmentasi.
2. Lokasi penelitian *ground vibration* dilakukan di lokasi ROM 5 Pit Tutupan PT. PAMA-ADRO.

3. Lokasi titik pengukuran (*monitoring*) *ground vibration* di kantor induksi PT. Adaro dan Gudang handak yang terdekat dengan lokasi penambangan dan bersifat tetap.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis memaparkan penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti sebagai berikut:

Alwi Tunggal, Prianggolo (2013) dalam penelitiannya berjudul “Analisis Getaran Tanah Pada Operasi Peledakan Lapisan Tanah Penutup Di Area Tambang Batubara Pit North PT. Saptaindra Sejati Area Kerja Adaro Indonesia” dengan berdasarkan analisis menggunakan persamaan *U.S Bureau Of Mines* dan persamaan *Giorgio Berta* diperoleh nilai eror relatif terkecil untuk persamaan *U.S Bureau Of Mines* sebesar 15,24 %. Persamaan *U.S Bureau Of Mines* untuk nilai *peak particle velocity* dan *scaled distance* yaitu $PPV = 29191 (Ds)^{-1,93}$ Dengan batasan nilai PPV 2 mm/s maka didapatkan nilai *scaled distance* sebesar 143,75 m/kg^{0,5}.

Persamaan tersebut digunakan untuk memprediksi getaran tanah dan menentukan isian maksimum bahan peledak per waktu tunda. Jarak aman untuk kegiatan peledakan yaitu sebesar 1250 meter, untuk isian maksimum bahan peledak per waktu tunda sebanyak 75,615 kg dengan asumsi batuan di Pit North PT. Saptaindra Sejati Job Site Adaro Indonesia adalah homogen. Sehubungan dengan masalah tersebut maka dilakukan upaya perbaikan terhadap faktor –faktor yang mempengaruhi getaran tanah yaitu

mengontrol setiap isian bahan peledak supaya jumlahnya tidak lebih besar dari yang seharusnya. penempatan *initiation point* (IP) dilokasi peledakan harus pada sisi arah pemukiman penduduk, membatasi jumlah baris pada pola peledakan *box cut* maksimal 8 baris dan untuk *echelon cut* atau *corner cut* maksimal 5 baris, dan penggunaan teknik *linedrill* sehingga dapat menghasilkan nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) yang lebih kecil.

2.2 Pola Pemboran

Keberhasilan suatu peledakan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas yang harus ada. Peledakan dengan hanya satu bidang bebas disebut *crater blasting* akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi keatas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, maka pada tambang terbuka selalu dibuat minimal dua bidang bebas, yaitu dinding bidang bebas dan puncak jenjang (*top bench*). Selanjutnya terdapat 3 pola pengeboran yang mungkin dibuat secara teratur, yaitu :

1. Pola bujursangkar (*square pattern*), yaitu jarak *burden* dan spasi sama
2. Pola persegi panjang (*rectangular pattern*), yaitu jarak spasi dalam satu baris lebih besar dibanding *burden*
3. Pola zig - zag (*staggered pattern*), yaitu antar lubang bor dibuat zig - zag yang berasal dari pola bujursangkar maupun persegi panjang

Baik buruknya hasil peledakan akan sangat ditentukan oleh kualitas lubang bor. Kualitas lubang bor dalam hal ini ditinjau dari segi:

a. Keteraturan tata letak lubang bor

Tujuan pemboran adalah untuk meletakkan bahan peledak pada tempat yang sudah direncanakan. Setiap bantuan akan memberikan reaksi yang berbeda terhadap peledakan. Reaksi ini bervariasi sangat luas dan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya : perlapisan, struktur geologi alamiah, dan lain-lain yang selalu berubah dari titik ke titik. Tidaklah mungkin untuk menyusun suatu pola peledakan yang dapat mengakomodasi semua variasi tersebut. Untuk itu, didalam prakteknya lubang bor dirancang dengan pola yang teratur sedemikian rupa sehingga bahan peledak dapat terdistribusi secara merata dan dengan demikian, setiap kolom bahan peledak akan mempunyai beban yang sama.

b. Penyimpangan arah dan sudut pemboran

Hal ini perlu dicermati terutama pada pemboran miring. Pada pemboran miring maka posisi alat bor akan sangat menentukan, walaupun tata lubang bor di permukaan sudah sempurna, namun bila posisi alat bor tidak benar-benar sejajar dengan posisi alat bor pada lubang sebelumnya maka dasar lubang bor akan menjadi tidak teratur. Hal yang sama akan dihasilkan bila sudut kemiringan batang bor juga tidak sama. Penyimpangan arah dan sudut pemboran dipengaruhi oleh struktur batuan, *stiffness* batang bor dan kesalahan awal pemboran (*collaring*).

c. Kedalaman dan kebersihan lubang bor

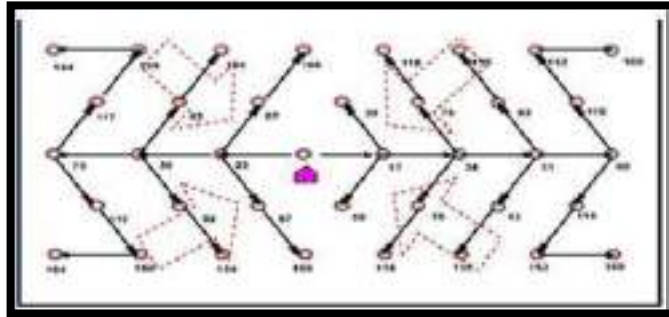
Lantai atau permukaan bor biasanya tidak rata dan datar sehingga kedalaman lubang bor juga tidak akan seluruhnya sama. Untuk itu area yang akan dibor sebaiknya disurvei dahulu agar kedalaman masing-masing lubang bor dapat ditentukan.

2.3 Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antar lubang tembak dalam satu baris dan antara baris dengan satu baris lainnya. Dapat berupa penyalaan beruntun dalam satu baris ataupun serentak dalam satu baris namun beruntun antar baris. Pola peledakan tersebut akan sangat mempengaruhi *ground vibration*. Berikut merupakan beberapa macam pola peledakan :

1. *Initiation Sequences Box Cut*

Pola peledakan ini diterapkan jika hanya terdapat satu bidang bebas. Dengan penerapan pola peledakan seperti ini, diharapkan arah lemparan dan ambrukan material hasil peledakan ke atas. Pola peledakan ini memerlukan energi pengangkatan (*heaving energy*) yang besar. *Initiation point* atau lubang yang pertama kali meledak dari pola peledakan ini pada umumnya berada ditengah lokasi peledakan. Dengan cara pemilihan lubang tertentu untuk terlebih dahulu meledak, maka hasil ledakan lubang tersebut akan mempersiapkan bidang bebas untuk peledakan lubang – lubang tembak lainnya.

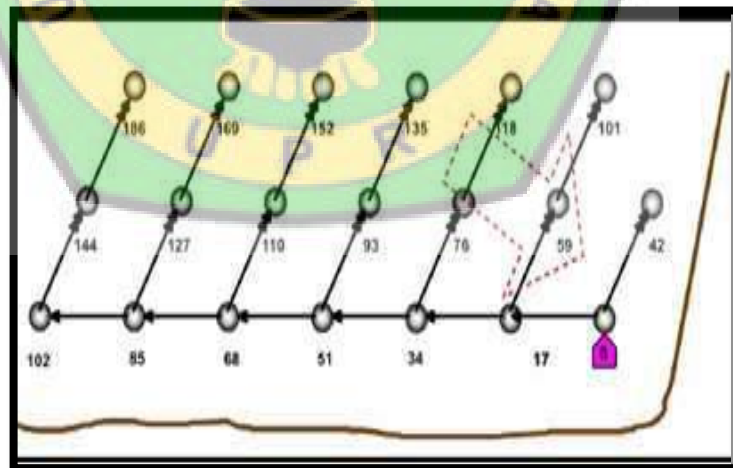


(Sumber : Suwandi, 2009; 12)

Gambar 2.1 Pola Peledakan *Box Cut*

2. *Initiation Sequences Echelon (Corner Cut)*

Jika terdapat bidang bebas yang banyak, pola peledakan *echelon* bias diterapkan. Dalam proses inisiasi ini dapat dilakukan kontrol agar fragmentasi yang dihasilkan peledakan lebih baik.

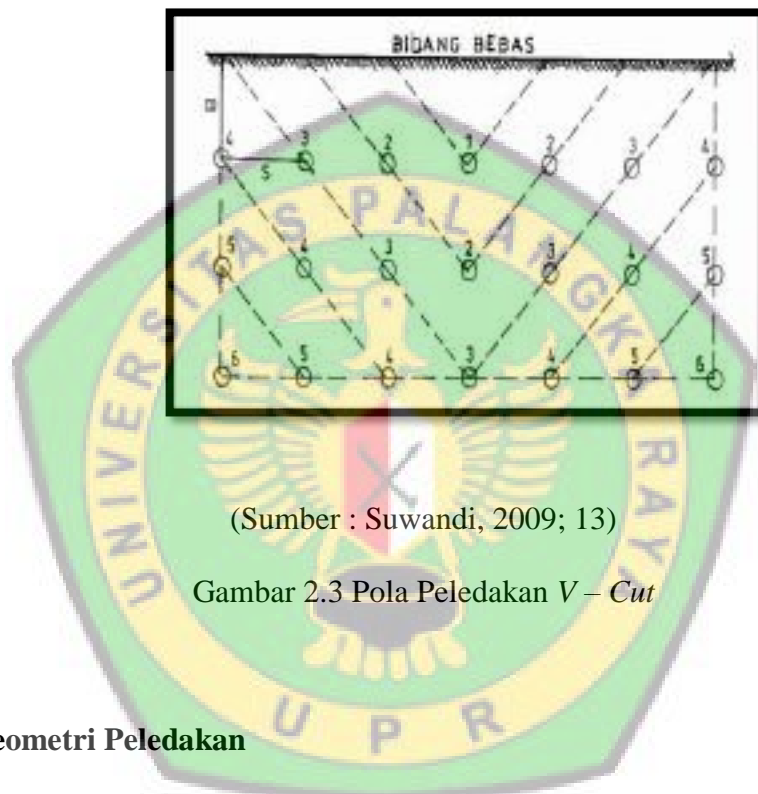


(Sumber : Suwandi, 2009; 13)

Gambar 2.2 Pola Peledakan *Echelon Cut*

3. *Initiation sequences V Cut*

Dalam penerapan system penyalaan *V Cut*, diharapkan material hasil peledakan akan terkumpul dan membentuk tumpukan di suatu tempat. Pola peledakan ini arah runtuhannya batuan ke depan dan membentuk huruf V.



(Sumber : Suwandi, 2009; 13)

Gambar 2.3 Pola Peledakan *V-Cut*

2.4 Geometri Peledakan

Geometri peledakan secara tidak langsung akan mempengaruhi muatan bahan peledak maksimum per *delay*, karena geometri peledakan tersebut menentukan banyaknya jumlah pemakaian bahan peledak. Selain itu geometri peledakan juga akan menentukan besarnya volume peledakan dan *powder factor*. Adapun geometri peledakan adalah sebagai berikut :

1. *Burden (B)*

Burden dapat didefinisikan sebagai jarak dari lubang bor terhadap bidang bebas (*free face*) yang terdekat pada saat terjadi

peledakan. Peledakan dengan jumlah baris (*row*) yang banyak, *true burden* tergantung penggunaan bentuk pola peledakan yang digunakan delay detonator dari tiap-tiap baris *delay* yang berdekatan akan menghasilkan *free face* yang baru. *Burden* juga berpengaruh pada fragmentasi dan efek peledakan.

Burden merupakan variabel yang sangat penting dan kritis dalam mendesain peledakan. Dengan jenis bahan peledak yang dipakai dan jenis batuan yang dihadapi, terdapat jarak maksimum *burden* agar hasil ledakan menjadi baik. Untuk menentukan ukuran *burden* digunakan rumus sebagai berikut :

$$B = (25 - 40) \times D \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana : $B = \text{Burden (m)}$

$D = \text{Diameter lubang ledak (m)}$

2. *Spacing (S)*

Spacing adalah jarak antara lubang tembak dalam satu baris (*row*) dan diukur sejajar terhadap *pit wall*. Biasanya *spacing* tergantung pada *burden*, kedalaman lubang bor, letak primer, waktu tunda, dan arah struktur bidang batuan. Yang perlu diperhatikan dalam memperkirakan *spacing* adalah apakah ada interaksi antar *charges* yang berdekatan. Bila masing-masing lubang bor diledakkan sendiri-sendiri dengan interval waktu yang cukup panjang, untuk memungkinkan setiap lubang bor meledak dengan sempurna, tidak akan terjadi interaksi antar gelombang energi masing-masing. Kalau

waktu tunda diperpendek maka akan terjadi interaksi sehingga menyebabkan efek yang kompleks.

Spacing merupakan fungsi daripada *burden* dan dihitung setelah *burden* ditetapkan terlebih dahulu. *Spacing* yang lebih kecil dari ketentuan akan menyebabkan ukuran batuan hasil peledakan terlalu hancur. Tetapi jika *spacing* lebih besar dari ketentuan akan menyebabkan banyak terjadi bongkah (*boulder*) dan tonjolan (*stump*) diantara dua lubang ledak setelah peledakan. Pada Geometri *Rules of Thumb* menerapkan peledakan dengan pola *equilateral* (segitiga sama sisi) dan beruntun tiap lubang ledak dalam baris yang sama.

$$S = (1 - 1,5) \times B \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana : $S = \textit{Spacing}$ (m)

$B = \textit{Burden}$ (m)

3. *Sub-drilling* (J)

Subdrilling adalah tambahan kedalaman daripada lubang bor dibawah rencana lantai jenjang. *Subdrilling* perlu untuk menghindari problem tonjolan pada lantai (*toe*), karena dibagian ini adalah tempat yang paling sukar diledakkan. Dengan demikian, gelombang ledak yang ditimbulkan pada lantai dasar jenjang yang akan bekerja secara maksimum.

Tujuan dari *sub-drilling* adalah supaya batuan bisa meledak secara *full face* sebagaimana yang diharapkan. Tonjolan-tonjolan pada lantai (*floor*) yang terjadi setelah dilakukan peledakan akan

menyulitkan peledakan selanjutnya, atau pada waktu pemuatan dan pengangkutan. Rumus yang digunakan adalah :

$$J = (0,2 - 0,4) \times B \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : $J = \textit{Subdrilling}$ (m)

$B = \textit{Burden}$ (m)

4. *Stemming* (T)

Stemming adalah panjang isian lubang ledak yang tidak diisi dengan bahan peledak tapi diisi dengan material seperti tanah liat atau material hasil pemboran (*cutting*), dimana *stemming* berfungsi untuk mengurung gas yang timbul sehingga *air blast* dan *flyrock* dapat terkontrol. Untuk bahan *stemming* batuan hasil dari crushing jauh lebih baik daripada *cutting rock* (material bekas pemboran). Namun dalam hal ini panjang *stemming* juga dapat mempengaruhi fragmentasi batuan hasil peledakan. Dimana *stemming* yang terlalu panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledakan tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar *stemming* tersebut, dan *stemming* yang terlalu pendek bisa mengakibatkan terjadinya batuan terbang dan pecahnya batuan menjadi lebih kecil. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *stemming* adalah :

$$T = (0,7 - 1) \times B \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana : $T = \textit{Stemming}$ (m)

$B = \textit{Burden}$ (m)

5. Kedalaman Lubang Ledak (H)

Kedalaman lubang ledak tergantung pada ketinggian *bench*, *burden*, dan arah pemboran. Kedalaman lubang tembak merupakan penjumlahan dari besarnya stemming dan panjang kolom isian bahan peledak. Kedalaman lubang ledak dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$H = (1,5 - 4) \times B \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana : H = Kedalaman lubang ledak (m)

B = *Burden* (m)

6. Tinggi Jenjang (L)

Tinggi jenjang berhubungan erat dengan parameter geometri peledakan kainnya dan ditentukan terlebih dahulu atau terkadang ditentukan kemudian setelah parameter atau aspek - aspek lainnya diketahui. Tinggi jenjang maksimum biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok serta tinggi jangkauan alat muat.

Umumnya peledakan pada tambang terbuka dengan diameter lubang besar, tinggi jenjang berkisar antara 10 -15 m. pertimbangan lain yang harus diperhatikan adalah kestabilan jenjang jangan sampai runtuh, baik karena daya dukungnya lemah atau akibat getaran peledakan. Dapat disimpulkan bahwa dengan jenjang yang pendek memerlukan diameter lubang bor yang kecil, sementara untuk

diameter lubang bor yang besar dapat diterapkan pada jenjang yang lebih tinggi.

$$L = H + J \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana : $L =$ Tinggi Jenjang (m)

$H =$ Kedalaman Lubang Ledak (m)

$J =$ *Subdrilling* (m)

7. *Powder Coloum* (PC)

Bagian dari lubang tembak yang berisikan bahan peledak dan juga primer. Dalam perhitungan besarnya kolom isian bahan peledak menggunakan rumus sebagai berikut :

$$PC = H - T \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : $H =$ Kedalaman Lubang Ledak (m)

$T =$ *Stemming* (m)

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa geometri peledakan diatas akan mempengaruhi beberapa hal, yaitu :

1. Banyaknya jumlah pemakaian bahan peledak

Banyanya jumlah pemakaian bahan peledak sangat dipengaruhi oleh *loading density*, yaitu jumlah pemakaian bahan peledak per satu meter. *Loading density* dihitung untuk mengetahui berapa jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang ledak.

Loading density dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$De = \text{Luas} \times \text{densitas bahan peledak}$$

$$De = (\pi/4 \times D^2) \times \text{densitas bahan peledak} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana : $\pi = 3,14$

D = Diameter Lubang Ledak (m)

De = *Loading Density* (kg/m)

Setelah *loading density* diketahui maka selanjutnya dapat dihitung banyaknya pemakaian bahan peledak dalam satu lubang tembak dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = PC \times De \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana: W = Jumlah Pemakaian Bahan Peledak (kg)

PC = Panjang *powder coloum* (m)

De = *Loading Density* (kg/m)

2. Volume Peledakan

Volume peledakan merupakan banyaknya volume batuan yang akan diledakkan. Volume peledakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = B \times S \times L \times n$$

Dimana: V = Volume Peledakan (m³)

B = *Burden* (m)

S = *Spacing* (m)

L = Tinggi Jenjang (m)

n = Jumlah Lubang Ledak

3. Powder Factor (PF)

Powder Factor (PF) didefinisikan sebagai perbandingan jumlah bahan peledak yang dipakai dengan volume batuan yang diledakkan. *Powder factor* biasanya sudah ditetapkan oleh perusahaan karena merupakan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya dan juga karena berbagai pertimbangan ekonomi. Tetapi *powder factor* ini juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$PF = W/V \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana: W = Jumlah Pemakaian Bahan Peledak (kg)

V = Volume Batuan Yang Diledakkan (m³)

2.5 Distribusi Energi Peledakan

Energi bahan peledak ditimbulkan karena adanya reaksi kimia antara bahan – bahan penyusun bahan peledak menjadi gas – gas dalam waktu yang sangat singkat melalui penyalaan oleh suatu inisiator (*primer*). Energi yang dilepaskan tersebut tidak dapat terkonsentrasi sepenuhnya untuk menghancurkan massa batuan (membentuk fragmentasi), tetapi terbagi dalam beberapa jenis energi yang terdistribusi menjadi dua bagian besar, yaitu energi terpakai (*work energy*) dan energi tak terpakai (*waste energy*). Energi terpakai maksudnya adalah energi yang menimbulkan tenaga untuk menghancurkan batuan pada proses peledakan, sedangkan energi tak terpakai adalah energi yang tidak berperan secara langsung dalam proses

penghancuran batuan, bahkan dalam kondisi tertentu terkonversi menjadi energi yang dapat merugikan operasional peledakan serta lingkungan di sekitar peledakan (B. Mohanty, 1996).

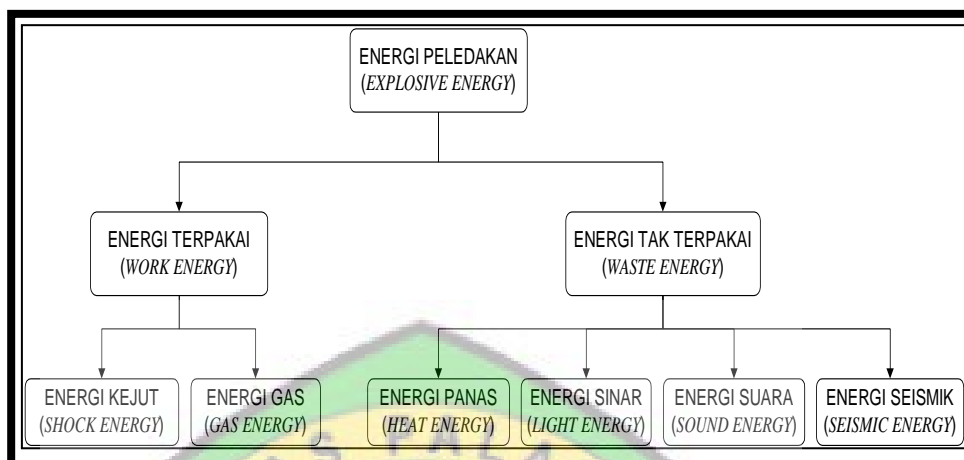
2.5.1 Energi terpakai (*work energy*)

Terdapat dua jenis produk energi terpakai, yaitu energi kejut dan energi gas. Ditinjau dari aspek pemanfaatannya, bahan peledak yang memiliki energi kejut yang tinggi dapat diterapkan dalam proses peledakan bongkah batu (*boulder*) dengan metode *mud capping boulders* yang disebut juga *plaster shooting* atau untuk proses peruntuhan bangunan (*demolition*). Dengan demikian energi kejut secara efektif akan terlihat pada peledakan dengan menggunakan metode *external charge* atau muatan di luar lubang tembok. Sedangkan pada kolom lubang ledak dengan bahan peledak didalamnya disumbat atau dikurung rapat oleh material penyumbat (*stemming*), maka digunakan bahan peledak yang memiliki energi gas yang tinggi.

2.5.2 Energi tak terpakai (*waste energy*)

Reaksi peledakan disamping menghasilkan energi yang mampu menghancurkan batuan, juga akan selalu menghasilkan energi yang tidak berkaitan langsung dengan tujuan penghancuran batuan, bahkan akan memberi dampak negatif terhadap lingkungan. Energi yang tidak berkaitan langsung dengan proses penghancuran batuan dikelompokkan ke dalam “energi tak terpakai” atau *waste energy*.

Jenis energi tak terpakai adalah energi panas, energi suara, energi sinar/cahaya dan energi seismik.



(Sumber : Suwandi, 2009; 7)

Gambar 2.4 Distribusi Energi Yang Dihasilkan Peledakan

2.6 Mekanisme Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

Ketika bahan peledak diledakkan didalam lubang bor batuan, reaksi kimia yang ditimbulkan oleh proses peledakan tersebut akan menghasilkan gas. Gas ini akan menghasilkan suhu dan tekanan yang sangat tinggi pada dinding lubang ledak, mendorong keluar dinding batuan, menghancurkan batuan di sekitar lubang ledak dan menyebabkan terjadinya retakan – retakan radial di sekitar lubang ledak tersebut. Selanjutnya, energi ledakan akan menuju bidang bebas (*free face*) terdekat sambil melakukan tekanan terhadap massa batuan di sekitarnya. Kemudian energi tersebut akan dipantulkan kembali oleh bidang bebas dan menekan massa batuan melebihi kekuatan massa batuan tersebut untuk menahannya sehingga batuan menjadi pecah. Lalu aliran gas yang berasal dari bahan peledak akan mendorong batuan yang

pecah tersebut menjadi terlempar ke arah bidang bebas (*free face*) terdekat. (Duvall & Atchison, 1957).

2.7 Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gelombang yang bergerak didalam tanah disebabkan oleh adanya sumber energi (Roy, 2005). Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam seperti gempa bumi atau adanya aktifitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan. Pelepasan energi kimia pada proses peledakan akan menyebabkan timbulnya gelombang yang merambat melalui massa batuan dan semakin menjauh dari sumber peledakan. Gelombang yang merambat tersebut dikenal dengan sebutan gelombang seismic dan dirasakan manusia sebagai getaran tanah (*ground vibration*). Gelombang seismic ini dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

3.7.1 Jenis – jenis Gelombang Seismik

Menurut Singh (2015) gelombang seismic dibagi menjadi dua, yaitu gelombang badan (*body wave*), dan gelombang permukaan (*surface wave*).

1. Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang badan merambat melalui massa batuan, menembus ke bagian dalam batuan. Untuk jarak dekat getaran lebih didominasi oleh gelombang badan. Gelombang badan ini akan merambat keluar membentuk bola sampai mereka bertemu dengan suatu

bidang kontak. Bidang kontak ini dapat berupa perlapisan batuan, bidang bebas, rekahan, kekar, permukaan, atau tanah. Ketika gelombang badan ini bertemu dengan bidang kontak tersebut maka gelombang permukaan dan gelombang geser akan terbentuk. Gelombang badan dapat dibagi menjadi dua yaitu gelombang tekan (P), dan gelombang geser (S). (Sumber: *Sushil Bhandari, 1997*).

a. Gelombang Tekan (*Compressive Wave/P-Waves*)

Gelombang tekan adalah jenis gelombang tekan-tarik, yang akan menghasilkan pemadatan (kompresi) dan pemuaian (dilatasi) pada arah yang sama dengan arah perambatan gelombang. Gelombang ini dapat merambat melalui medium padat, cair maupun gas. Gelombang ini juga dapat menyebabkan perubahan volume medium yang dilaluinya. (Sumber: *ISEE Blaster Handbook 18th Edition, 2011*)

b. Gelombang Geser (*Shear Wave/S-Waves*)

Gelombang geser adalah gelombang melintang (*transversal*) yang bergerak tegak lurus pada arah perambatan gelombang. *S-waves* hanya dapat merambat melalui medium padat. Gelombang ini dapat menyebabkan perubahan bentuk pada medium yang dilaluinya. (Sumber: *ISEE Blaster Handbook 18th Edition, 2011*)

2. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan adalah gelombang yang merambat di atas permukaan batuan tetapi tidak menembus batuan. Gerakan gelombang ini menurun terhadap kedalaman. Gelombang permukaan lebih besar dari gelombang badan tetapi penjarannya lambat. Gelombang inilah yang sering menjadi masalah. Gelombang ini membawa energi yang besar dan menghasilkan gerakan yang besar. Kedalaman batuan yang dipengaruhi oleh gerak gelombang ini kira-kira satu panjang gelombang. (Sumber: *ISEE Blaster Handbook 18th Edition, 2011*)



(Sumber: ISEE, *Blaster's Handbook 18th Edition*)

Gambar 2.5 Lintasan Gelombang Seismik

3.7.2 Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Tanah

Menurut Singh (2010) terdapat dua faktor yang sangat mempengaruhi tingkat getaran tanah (*ground vibration*) dari operasi

peledakan, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan faktor yang tidak dapat dikontrol.

3.7.2.1 Faktor Yang Dapat Dikontrol

1. Muatan Bahan Peledak Maksimum Per *Delay*

Besarnya vibrasi yang dihasilkan peledakan oleh jumlah muatan total bahan peledak perwaktu tunda. Besar kecilnya intensitas *ground vibration* akan bergantung kepada jumlah berat bahan peledak maksimum yang meledak bersamaan pada interval waktu. Jadi lubang-lubang tembang yang mempunyai selisih waktu 17 ms, dianggap meledak bersamaan. Jumlah muatan total handak yang dianggap meledak bersamaan ini merupakan muatan bahan peledak perwaktu tunda. Semakin besar muatan bahan peledak perwaktu tunda, besaran getaran yang dihasilkan akan semakin meningkat tetapi hubungan ini bukan merupakan hubungan yang sederhana, misalnya muatan dua kali lipat jumlahnya tidak menghasilkan getaran yang dua kali lipat.

2. Jarak Dari Lokasi Peledakan

Jarak dari titik atau lokasi peledakan juga memberikan pengaruh yang besar terhadap besaran vibrasi yang dihasilkan, seperti juga muatan maksimal bahan peledak perwaktu tunda. Semakin dekat suatu titik pengukuran vibrasi

ke titik atau lokasi peledakan, maka vibrasi yang terukur akan semakin besar.

3. Waktu Tunda (*delay time*)

Interval waktu tunda antar lubang ledak sangat mempengaruhi tingkat vibrasi yang dihasilkan. Jika interval waktu tunda semakin besar, maka kemungkinan jumlah bahan peledak yang dianggap meledak bersamaan (selisih waktu meledak kurang dari sama dengan 17 ms) akan makin kecil, sehingga tingkat vibrasi yang dihasilkan akan semakin kecil. Tetapi perlu diperhatikan pula bahwa agar tingkat vibrasi yang dihasilkan kecil, maka jumlah lubang ledak yang memiliki interval delay kurang dari sama dengan 8 ms harus diusahakan sedikit pula.

3.7.2.2 Faktor Yang Tidak Dapat Dikontrol

Adalah faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia, hal ini disebabkan karena prosesnya terjadi secara alamiah, yang termasuk faktor-faktor ini adalah:

a. Geologi

Batuan yang menyusun kerak bumi dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Proses terbentuknya suatu jenis batuan berbeda dengan jenis batuan lain. Tiap-tiap tipe batuan

tersusun dari mineral-mineral dalam berbagai komposisi, ukuran, tekstur, dan struktur yang berlainan. Batuan yang tersingkap dipermukaan bumi akan mengalami proses pelapukan dan proses pelapukan untuk tiap-tiap batuan juga berbeda. Hal ini sangat berpengaruh pada sifat fisik dan mekanik dari batuan. Batuan yang masih segar umumnya mempunyai kekuatan yang lebih besar, dan akan berkurang sejalan dengan proses pelapukan yang dialami.

b. Struktur Diskontinuitas

Sejauh menyangkut penggalian, massa batuan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu segar dan lapuk. Untuk batuan segar, sifat diskontinuitas berperan penting, karena melalui zona diskontinuitas ini proses pelapukan akan berlangsung secara intensif. Diskontinuitas ini dapat berupa kekar, retakan, sesar, dan bidang bidang perlapisan. Kekar merupakan rekahan-rekahan dalam batuan yang terjadi karena tekanan atau tarikan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dalam kerak bumi atau pengurangan bahkan kehilangan tekanan dimana pergeseran dianggap sama sekali tidak ada. Struktur kekar ini sangat penting diketahui dan merupakan pertimbangan utama dalam operasi peledakan, dengan adanya struktur kekar ini maka energi gelombang tekan dari bahan peledak akan mengalami penurunan yang

disebabkan adanya gas-gas hasil reaksi peledakan yang menerobos melalui rekahan, sehingga mengakibatkan penurunan daya tekan terhadap batuan yang akan diledakkan. Penurunan daya tekan ini akan berdampak terhadap batuan yang diledakkan sehingga dapat mengakibatkan terjadinya bongkah pada batuan hasil peledakan bahkan batuan hanya mengalami keretakan.

c. Sifat dan Kekuatan Batuan

Sifat batuan yang penting untuk dipertimbangkan dalam rangka perbaikan fragmentasi hasil peledakan antara lain :

- 1) Sifat fisik : bobot isi . Pada umumnya bobot isi batuan digunakan sebagai petunjuk kemudahan batuan untuk dipecahkan dan dipindahkan.
- 2) Sifat mekanik : cepat rambat gelombang, kuat tekan dan kuat tarik. Kecepatan rambat gelombang tiap batuan berbeda. Batuan yang masif mempunyai kecepatan perambatan gelombang yang tinggi, berkaitan dengan hal tersebut, penggunaan bahan peledak yang mempunyai kecepatan detonasi yang tinggi dapat memberikan hasil fragmentasi yang baik.

d. Pengaruh Air Tanah

Kandungan air dalam jumlah yang cukup banyak dapat mempengaruhi stabilitas kimia bahan peledak yang sudah

diisikan kedalam lubang ledak. Kerusakan sebagian isian bahan peledak dapat mengurangi kecepatan reaksi bahan peledak sehingga akan mengurangi energi peledakan, atau bahkan isian akan gagal meledak (*misfire*). (Sumber: *Pusdiklat Teknologi Mineral Dan Batubara, 2013*).

3.7.2.3 Alat Pengukur Getaran Tanah

Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran getaran di lapangan adalah *micromate*. Alat ini juga mampu mengukur tingkat kebisingan suara. *Micromate* terdiri dari dua alat rekam, yaitu *geophone* dan *microphone*. Getaran tanah (*ground vibration*) direkam oleh *geophone* dan tingkat kebisingan direkam oleh *microphone*. Pada *geophone* terdapat 3 sensor perekam getaran yang saling tegak lurus satu dengan yang lain.



(Sumber : Sukrono Prima, 2017)

Gambar 2.6 Alat Pengukur Getaran *Micromate Instantel*

3.8 Kontrol Vibrasi

Peledakan dengan waktu tunda (*delay time blasting*) adalah suatu teknik peledakan dengan cara meledakkan sejumlah besar muatan bahan peledak tidak sebagai satu muatan (*single charge*) tetapi sebagai suatu seri dari muatan – muatan yang lebih kecil. Maka getaran yang dihasilkan terdiri dari seri kumpulan getaran kecil, bukan getaran besar. Dengan menggunakan *delay time*, pengurangan tingkat getaran tanah dapat dicapai.

Untuk mengetahui mengapa peledakan dengan *delay time* efektif dalam pengurangan tingkat getaran tanah perlu mengerti perbedaan antara kecepatan partikel (*particle velocity*) dan kecepatan perambatan (*transmission velocity*).

Yang dimaksud dengan kecepatan perambatan adalah kecepatan gelombang seismic merambat melalui batuan, berkisar antara 2000 – 20.000 fps, tergantung pada jenis batuan. Untuk suatu daerah dengan batuan tertentu, kecepatan relatif konstan. Kecepatan perambatan tidak dipengaruhi oleh besarnya energi (*input energy*).

Peledakan dengan *delay time* mengurangi tingkat getaran tanah sebab *delay* menghasilkan masing – masing gelombang seismic yang kecil dan terpisah. Gelombang hasil *delay* pertama telah merambat pada jarak tertentu sebelum *delay* selanjutnya meledak. Kecepatan perambatan tergantung pada jenis batumannya.

3.8.1 Hukum *Scaled Distance* (SD)

Cara yang praktis dan efektif untuk mengontrol getaran adalah dengan menggunakan *Scaled Distance*. Sehingga memungkinkan pelaksana lapangan menentukan jumlah bahan peledak yang diperlukan atau jarak aman untuk muatan bahan peledak yang jumlahnya telah ditentukan. Harga SD yang besar akan lebih aman, karena semakin jauh jaraknya akan lebih aman dibandingkan dengan jarak yang lebih dekat. Batas *scaled distance* yang dipakai adalah $SD = 50$, *scaled distance* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$(SD) = \frac{D}{\sqrt{W}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana : SD = *scaled distance*

D = jarak dari lokasi pengamatan ke titik peledakan (m)

W = muatan bahan peledak maksimum per *delay* (kg)

2.8.2 Persamaan *Peak Particle Velocity* (PPV)

Merupakan kecepatan maksimum yang digunakan untuk menghitung besarnya getaran pada suatu lokasi yang tergantung pada jarak lokasi tersebut dari pusat peledakan dan dari jumlah isian bahan peledak yang dipakai. Formulasi untuk memperkirakan kecepatan partikel puncak :

$$PPV = k \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-n} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :

PPV = Prediksi *Peak Particle Velocity* (m/det)

D = Jarak dari peledakan ke lokasi pengukuran (m)

W = Berat isian bahan peledak maksimum per *delay*
(Kg)

k = koefisien peluruhan getaran

n = konstanta kondisi massa batuan

Besarnya *Peak Particle Velocity* (PPV) akan terkait dengan isian bahan peledak, jarak dari peledakan ke daerah yang dilindungi dan parameter massa batuan di lokasi tersebut. Oleh karena itu, dapat dicari hubungannya dan dapat menghasilkan suatu rumusan *Peak Particle Velocity* (PPV) dengan menggunakan suatu metode regresi.

3.9 Standard Vibrasi

Standard vibrasi adalah besar / kuat getaran yang diizinkan akibat dari kegiatan peledakan dimana tidak melewati batas aman. Ada beberapa pihak / negara yang telah melakukan standarisasi vibrasi peledakan yaitu acuan kriteria kerusakan, seperti :

1. Badan Standarisasi Nasional (SNI)
2. *US Bureau of Mines* (USBM)
3. Langefors, Kihlstrom Westerberg (1957)
4. Edwards & Northwood (1959)
5. Nicholls, Johnson Duval (1971)

Adapun acuan kriteria kerusakan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini, dan baku tingkat getaran peledakan terhadap bangunan berdasarkan SNI pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Tingkat Getaran Peledakan Terhadap Bangunan (SNI)

Kelas	Jenis Bangunan	PVS (mm/s)	Frekuensi	PPV (mm/s)
1	Bangunan Kuno yang dilindungi undang - undang cagar budaya	2	0 - 5.0	2
			5.0 - 20	3
			20 - 100	5
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, pondasi dari kayu	3	0 - 5.0	3
			5.0 - 20	5
			20 - 100	7
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, diikat slope beton	5	0 - 5.0	5
			5.0 - 20	7
			20 - 100	12
4	Bangunan dengan pondasi. pasangan bata adukan semen slope beton, kolom diikat ring	7.0 - 20.0	0 - 5.0	7
			5.0 - 20	12
			20 - 100	20
5	Bangunan dengan pondasi, beton, kolom diikat rangka baja	12.0 - 40.0	0 - 5.0	12
			5.0 - 20	24
			20 - 100	40

US Bureau of Mines memberikan rekomendasi berdasarkan pada kriteria perpindahan dan kecepatan yang dikaitkan dengan frekuensi. Kriteria tersebut oleh *US Office of Surface Mining (OSM)* dikelompokkan menjadi 3, yaitu :

Tabel 2.2 Kriteria Pembatasan Kecepatan Partikel

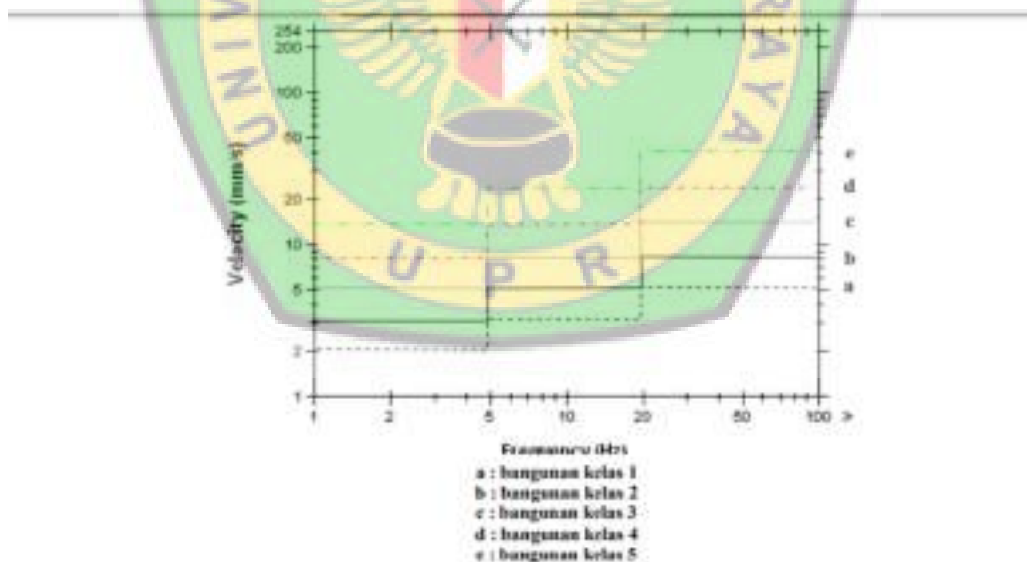
Jarak Dari Titik Ledak (ft)	Kecepatan Maksimum Yang Diizinkan (in/sec)
< 300	1.25
301 - 5000	1.00
> 5000	0.75

(Sumber : Dwihandoyo Marmer, Dampak Peledakan, 2008)

Tabel 2.3 Acuan Kriteria Kerusakan

Acuan Standar	Jenis Bangunan	PPV (ips)	Kerusakan
USBM	Gedung Perumahan	< 2.0	Tidak ada kerusakan
		2.0 - 4.0	Dinding retak – retak
		4.0 - 7.0	Kerusakan menengah
		> 7.0	Rusak pada struktur
Langefors, Kihlstrom Westerberg (1957)	Gedung Perumahan	2.8	Tidak kerusakan berarti
		4.3	Kerusakan pada dinding
		6.3	Retakan pada dinding serius
		9.1	Rusak parah
Edwards & Northwood (1959)	Gedung Perumahan	< 2.0	Aman, tidak ada kerusakan
		2.0 - 4.0	Ada retakan
		> 4.0	Terjadi kerusakan
Nicholls, Johnson & Duval (1971)	Gedung Perumahan	< 2.0	Aman, tidak ada kerusakan
		> 2.0	Terjadi kerusakan

(Sumber : Dwihandoyo Marmer, Dampak Peledakan, 2008)



(Sumber : SNI 7571:2010 ; 5)

Gambar 2.7 Grafik Baku Tingkat Getaran Pada Tambang Terbuka

Terhadap Bangunan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Profil dan Sejarah Perusahaan

PT. Pamapersada Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa kontraktor pertambangan yang mampu mendesain tambang dan melakukan eksploitasi dibidang tambang emas (*gold mine*), tambang batubara (*coal mining*) dan pemindahan tanah (*earth moving*). PAMA hadir untuk mengisi kekosongan penambangan dengan teknik dan pola penambangan yang benar serta menerapkan sistem *good mining practice* dalam kegiatan penambangannya. PAMA turut berperan serta dalam meningkatkan kualitas hidup bangsa melalui peningkatan kualitas sumber daya manusia dan pemanfaatan sumberdaya alam yang optimal.

Dimulai tahun 1974, dibentuk *Rental Heavy Equipment* yang berubah menjadi *Plant Hire and Mining Division* atau lebih dikenal dengan PHM Division dari PT. United Tractors pada tahun 1988.

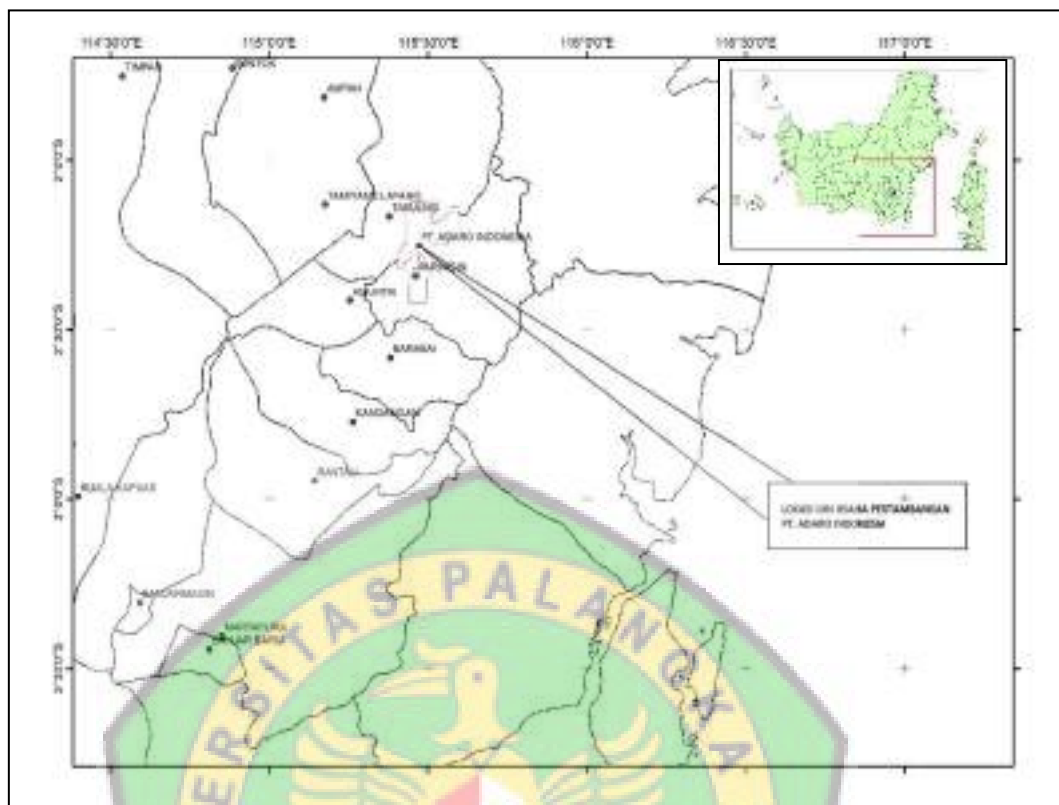
Dalam rangka memenuhi kebutuhan dari industri pertambangan yang bertumbuh pesat di era 80-90 an, maka dibentuk PT. Pamapersada Nusantara pada tahun 1993 yang secara resmi menggantikan PHM Division. PAMA berkembang pesat menjadi perusahaan pertambangan terkemuka di Indonesia bermula dari

proyek rental alat berat, kontraktor batubara, hingga ke bisnis energi. PT. Pamapersada Nusantara memiliki 17 *jobsite* di Indonesia dan salah satunya berada di daerah Kalimantan Selatan, dengan *costumer* PT Adaro Indonesia yang berlokasi di Kabupaten Tabalong.

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

PT Pamapersada Nusantara *Jobsite* PT Adaro Indonesia terletak di daerah Kabupaten Tabalong Provinsi Kalimantan Selatan. Untuk menuju ke lokasi penambangan dapat ditempuh ± 8 jam dari Palangka Raya-Kabupaten Tabalong. Kemudian dari simpang Wara Kabupaten Tabalong menuju *office* PT. Pamapersada Nusantara ± 45 menit menggunakan bus karyawan.

Daerah penelitian dilaksanakan di PT. Pamapersada Nusantara dalam wilayah Kuasa Pertambangan Eksplorasi DU 182 Kalimantan Selatan dengan luas 35.549 Ha milik PT. Adaro Indonesia. Area Kuasa Pertambangan batubara PT. Adaro Indonesia terdapat di Tutupan, Wara dan Paringin. Daerah penambangan PT. Pamapersada selaku kontraktor berada pada Tutupan. Secara astronomis, PT. PAMA terletak pada koordinat $115^{\circ}36'30''$ – $115^{\circ}36'10''$ Bujur Timur dan $2^{\circ}7'00''$ – $2^{\circ}25'30''$ Lintang Selatan. Kuasa Pertambangan terdapat pada 2 Provinsi yaitu Provinsi Kalimantan Selatan dan Provinsi Kalimantan Tengah (Lampiran A).

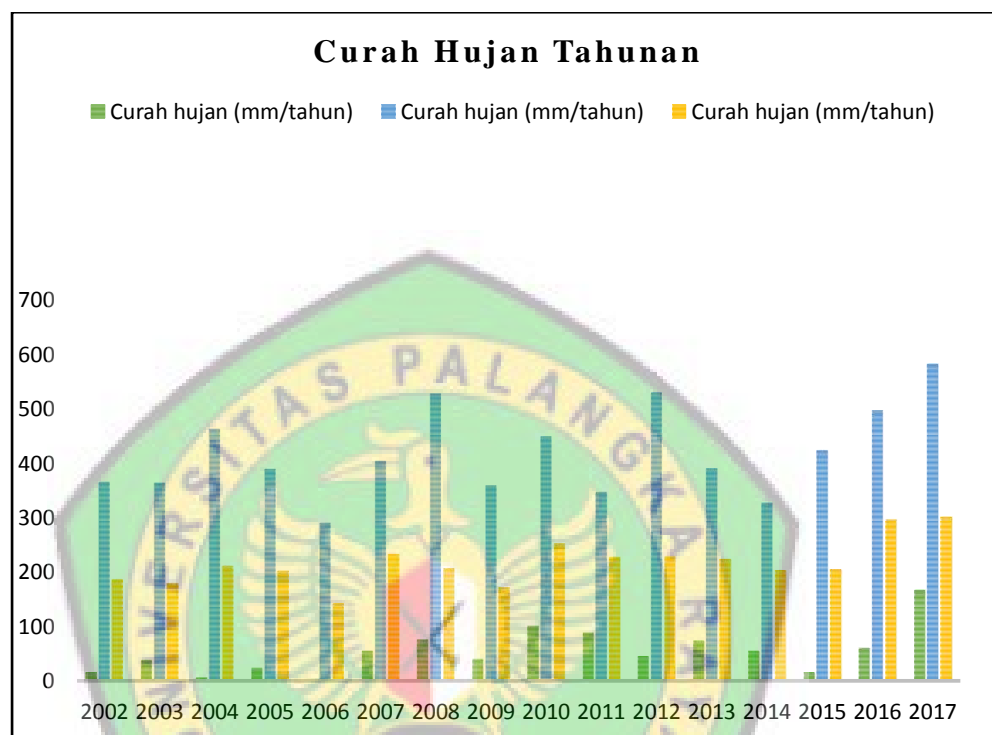


Gambar 3.1 Lokasi PT. Adaro Indonesia

3.1.3 Keadaan Iklim dan Curah Hujan

Seperti halnya daerah lain di lokasi penelitian dan sekitarnya beriklim tropis yang dipengaruhi oleh dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Lokasi penelitian termasuk dalam daerah berhujan tropis dengan curah hujan tinggi, yaitu berkisar antara 200 mm – 300 mm pada 2 tahun terakhir dengan waktu yang dapat sangat singkat, tetapi dapat pula dengan waktu yang panjang. Rata-rata temperatur sepanjang tahun berkisar antara 20°C sampai 34°C. Pergerakan temperatur harian 3°C – 4°C. Kelembaban rata-rata 80%, dengan kelembaban pagi hari 90% dan sore hari 70%.

Daerah Tabalong memiliki iklim dengan curah hujan yang relatif tinggi. Data curah hujan rata – rata lokasi penelitian dan sekitarnya dari tahun 2002 sampai dengan 2017.



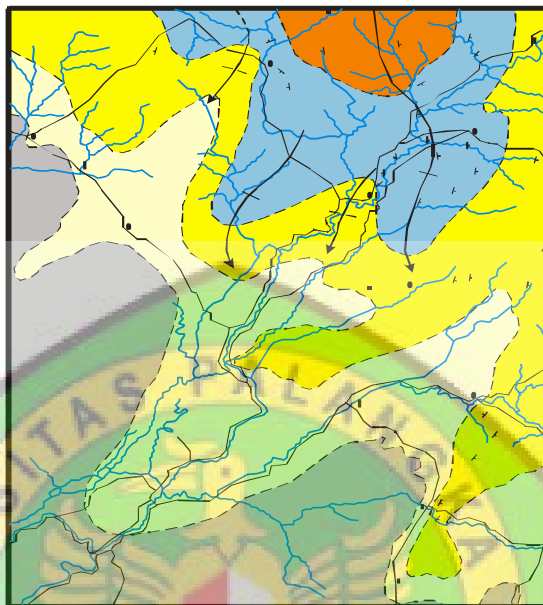
(Sumber : Arsip PT Pama Jobsite Adaro, 2018)

Gambar 3.2 Grafik Curah Hujan Tahun 2002 – 2017

3.2 Kondisi Geologi Regional

Secara garis besar lokasi tambang batubara PT Adaro Indonesia dominan berada pada formasi Warukin yang mengandung banyak endapan batubara diselingi oleh *mudstone* dan *sandstone* (lihat Gambar 3.3). Tambang batubara di lokasi penelitian dibagi menjadi tiga blok terpisah yaitu blok tutupan, blok wara dan blok paringin. Blok tutupan mengandung tiga lapisan batubara utama (*major seam*) yaitu T100, T200, dan T300 serta

beberapa lapisan minor yaitu pada T100 adalah A, B, C, D pada T200 adalah E, F dan pada T300 adalah G, H. Untuk peta geologi daerah penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar 3.3 Geologi Regional Wilayah dan Ijin Usaha Pertambangan

PT. Adaro Indonesia

(Sumber : PT. Adaro Indonesia)

3.2.1 Stratigrafi

Pada wilayah dalam Perjanjian Kontrak Pengusaha Pertambangan Batubara (PKP2B) PT. Adaro Indonesia secara regional termasuk pada cekungan barito yang memiliki formasi pembawa batubara. Urutan umur muda ke tua dari formasi cekungan barito adalah:

1. Formasi Dahor

Formasi ini berumur *Plioplistosen* dan diendapkan pada lingkungan *fluviatil* dengan ketebalan sekitar 250 meter. Formasi ini disusun oleh batupasir kuarsa lepas berbutir

2. Formasi Warukin

Formasi ini berumur *Miosen* Tengah sampai dengan *Miosen* Akhir dengan diendapkan pada lingkungan *fluviatil* dengan ketebalan sekitar 400 meter. Formasi ini disusun oleh batupasir kuarsa dan batulempung dengan sisipan batubara.

3. Formasi Berai

Formasi ini berumur *Oligosen* sampai *Miosen* awal yang diendapkan pada lingkungan *neritic* dan mempunyai ketebalan sekitar 1000 meter. Formasi ini disusun oleh batugamping yang mengandung fosil *foraminifera* besar dan bersisipan napal.

4. Formasi Tanjung

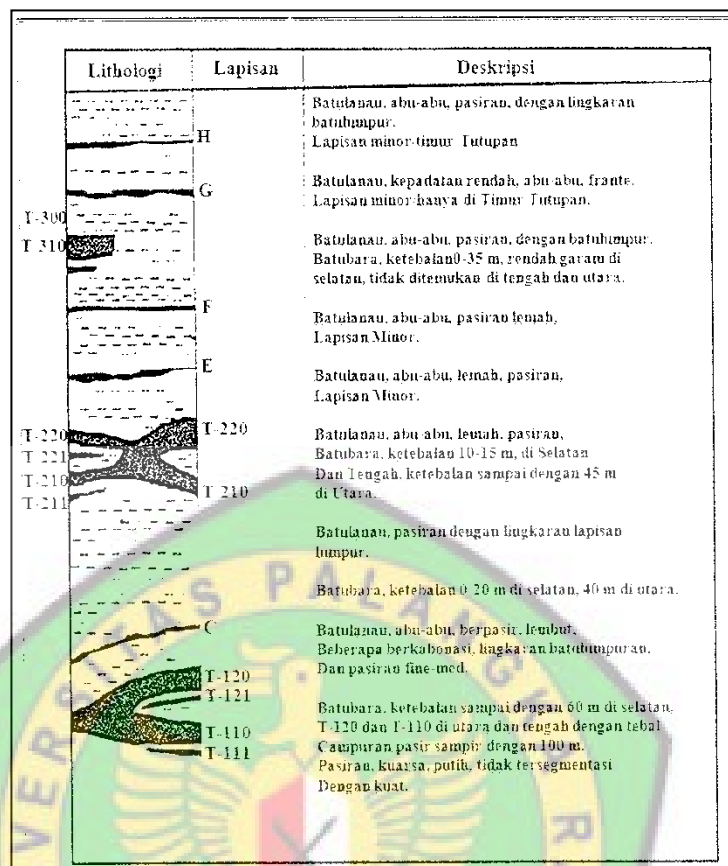
Formasi ini berumur *Eosen* dan diendapkan pada lingkungan laut dangkal dengan ketebalan 750 meter yang tersusun atas batupasir dan batulempung dengan sisipan batubara.

AGE	FORMATION	LITHOLOGY	DESCRIPTION	ENVIRONMENT	TECTONIC
QUATERNARY	ALLUVIAL		Shale, silt, sand, silty clay	Terrestrial	BLIND UP-LIFT
PLIOCENE	DAHON		Thick sandstone, siltstone, claystone, conglomerates, with lenses of olivine fragments	Marine (shallow)	HALLSBURG UPLIFT
			Interbedded of thick coal layers and clay, sandstone		
MIOCENE	IMBULON	Upper	Interbedded of sandstone, shale, siltstone	Marine (shallow)	HALLSBURG UPLIFT
		Lower	Interbedded of sandstone and claystone with calc. claystone and thin laminae of sandstone	Marine (shallow)	
		Upper	Interbedded of limestone, claystone, calc. sand	Marine (shallow)	
Oligocene	BESOU	Upper	Interbedded of sandstone and shale	Marine (shallow)	SUBOCCONE UPLIFT
		Lower	Interbedded of sandstone and shale	Marine (shallow)	
Eocene	TALLANG	Upper	Calc. siltstone with fine sand and coal interbedded	Marine	SUBOCCONE UPLIFT
		Lower	Sandstone, mudstone, conglomerate with coal interbedded	Marine	
PALEO-TERTIARY	WAGIMAN		Siltstone and dolerite, gneiss, rocks	Fluvial	Suboceanic UPLIFT

Gambar 3.4 Stratigrafi Cekungan Barito

(Sumber : Adaro resource report, 1999)

Batubara pada blok Tutupan memiliki ketebalan sampai 55 m dengan kemiringan berkisar antara 30° sampai 50°. Dalam blok Paringin ada satu lapisan mencapai 38 m, dengan kemiringan berkisar antara 10° sampai 25°. Blok Wara memiliki tiga lapisan batubara utama yaitu W100, W200, dan W300 dengan kemiringan lapisan 10° sampai 35° dan ketebalan batubara adalah 12 sampai 14m.



Gambar 3.5 Stratigrafi Tutupan Deposit

(Sumber : Departemen Geologi PT. Adaro Indonesia)

3.3 Geologi Daerah Penelitian

Secara umum geologi daerah penelitian menggambarkan keadaan morfologi, litologi, dan struktur geologi area fokus penelitian yang akan diulas sebagai berikut:

3.3.1 Morfologi

Kondisi morfologi daerah penelitian yaitu pada lingkungan PT. Adaro Indonesia Kabupaten Tabalong memiliki kawasan dataran rendah di bagian selatan, serta dataran tinggi yang dibentuk oleh

Pegunungan Meratus di utara. Kawasan dataran rendah kebanyakan berupa lahan gambut hingga rawa-rawa dan kawasan dataran tinggi sebagian masih merupakan hutan tropis alami. Sungai utama pada daerah ini adalah sungai Tabalong atau Batang Tabalong. Sungai ini bermuara di Sungai Negara. Sungai ini terbentuk dari dua anak sungai, yakni Sungai Tabalong Kiri dan Sungai Tabalong Kanan.

3.3.2 Litologi

Secara garis besar Kondisi daerah penelitian memiliki material *sandstone*, *sadyclay* dan *claystone*. Pada bagian atas terdapat Formasi Warukin ditandai dengan adanya batubara yang tebal dan litologi batuan yang halus. Berdasarkan ciri litologi batumannya dapat dibagi menjadi 3 bagian litostatigrafi dari yang umur tua ke umur yang muda yaitu :

1. Satuan Batupasir Kuarsa

Penamaan litologi ini berdasarkan peta yang berupa satuan batupasir kuarsa berada pada Formasi Warukin atas. Hubungan litologi antara batupasir kuarsa dan batulempung adalah selaras.

2. Satuan Batulempung

Umur Satuan batulempung ini menurut geologi regional memiliki umur Miosen Tengah. Hubungan antara satuan batupasir kuarsa dan batu lempung yang berada di atasnya adalah selaras.

3. Satuan Batulempung Pasiran

Umur satuan ini adalah Miosen Tengah yang terendapkan pada daerah sub lingkungan *crevasse splay with interdistributary bay*. Hubungan stratigrafi antara satuan batuan yang berada di atasnya adalah selaras.

3.3.3 Struktur Geologi

Pola struktur yang berkembang di pulau Kalimantan berarah Meratus (timur laut-barat daya). Pola ini tidak hanya terjadi pada struktur-struktur sesar tetapi juga pada arah sumbu lipatan perbukitan Tutupan. Patahan lain bernama Tanah Abang-Tepian Timur *Thrust Fault* yang memanjang pada kaki bagian timur perbukitan Tutupan. Keberadaan patahan ini diketahui berdasarkan data seismik dan pemboran sumur minyak.

Patahan lain yang tidak berhubungan dengan perbukitan Tutupan yang berarah timurlaut-barat daya dengan panjang sekitar 20 km terbentuk akibat pergerakan dua patahan anjakan yang searah. Salah satunya dikenal dengan nama *Dahai Thrust Fault* yang memanjang pada kaki bagian barat Tutupan dan berarah timur laut-barat daya terdapat di daerah Wara dengan nama *Maridu Thrust Fault*.

Kaki bagian timur perbukitan Tutupan juga terdapat struktur antiklin yang diberi nama Antiklin Tanah Abang-Tepian Timur. Sumbu antiklin berarah utara-selatan dan searah dengan Tanah Abang-Tepian Timur *Thrust Fault*. Antiklin- antiklin umumnya memiliki sumbu berarah timurlaut-baratdaya seperti antiklin Tanjung,

antiklin Warukin dan antiklin Paringin. Sedangkan struktur sinklin yang terdapat di daerah Tutupan dan Wara dinamakan Sinklin Bilas. Patahan-patahan yang terjadi pada umumnya searah dengan bidang perlipisan sehingga tidak mengganggu penyebaran batubara.

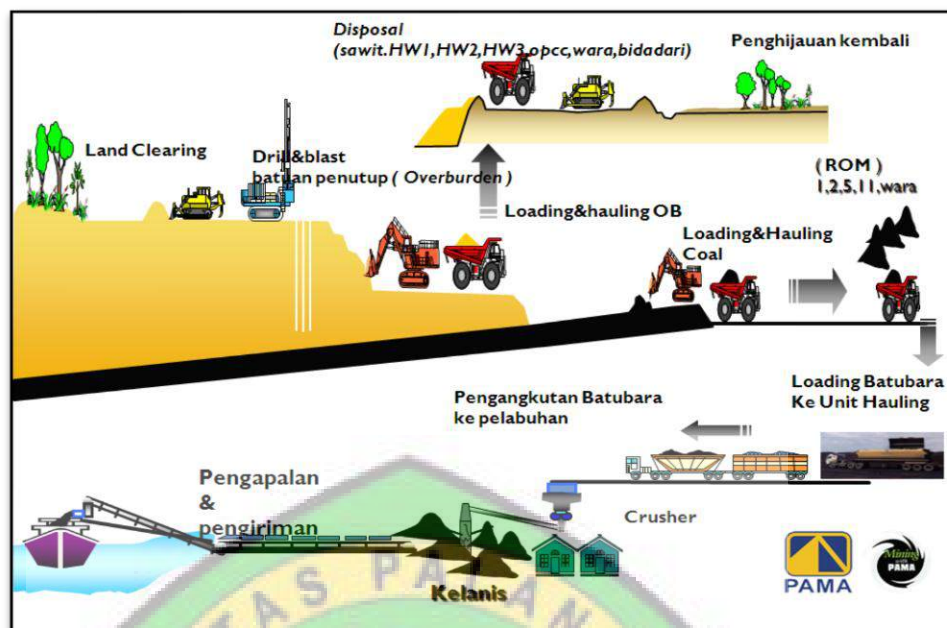
3.4 Kegiatan Penambangan

Setiap tahunnya, pemilik lahan menentukan target produksi yang harus dipenuhi oleh setiap kontraktor. Sebagai salah satu kontraktornya juga diharuskan untuk memenuhi target produksi dari lokasi penambangan yang dipercayakan.

Jadi, sebagai pemilik lahan akan selalu mengontrol setiap operasi penambangan yang dilakukan oleh para kontraktornya.

Operasi penambangan yang dilakukan sebagai salah satu kontraktornya disesuaikan dengan perencanaan tambang yang dibuat dari *Technical Service Department* pemilik lahan. Adapun urutan kegiatan penambangan di PT. Pamapersada Nusantara meliputi :

1. Pembukaan lokasi tambang dan pembersihan lahan (*land clearing*)
2. Pengupasan lapisan tanah pucuk dan tanah penutup
3. Penggalian batubara
4. Pengangkutan batubara dari *ROM-stockpile* ke *crushing plant*
5. Pengangkutan dan pengapalan



Gambar 3.6 Proses Penambangan PT. Pamapersada Nusantara Jobsite Adaro

(Sumber : Management PT. Pamapersada Nusantara)

3.5 Tata Laksana Penelitian

3.5.1 Metode

Metode Langsung (primer) merupakan metode dimana data yang dikumpulkan merupakan data langsung dari lapangan sehingga dapat diperoleh data yang obyektif. Pada metode langsung yang digunakan, yaitu terdiri dari :

1. Observasi Lapangan

Merupakan pengamatan terhadap kondisi dan keadaan langsung yang ada di lapangan terutama untuk kegiatan peledakan. Kegiatan observasi ini sangat berguna sebagai langkah awal untuk memulai proses pengambilan data. Lokasi yang akan dijadikan tempat

pengambilan data terfokus pada ROM 5, alasan dalam menentukan lokasi tersebut karena lokasi ROM 5 berdekatan dengan bangunan perkantoran yang masuk dalam critical area.

2. Pengambilan Data

Pelaksanaan untuk memperoleh data yang diperlukan dari berbagai sumber dalam penyusunan skripsi. Adapun data yang diambil, yaitu:

1) Desain *Tie – up*

Data desain *tie – up* atau pola peledakan yang akan diambil yaitu desain aktual yang diterapkan pada lokasi yang akan diledakkan. Pada ROM 5 Pit Tutupan PT. PAMA menggunakan 2 (dua) pola rangkaian yaitu *Echelon Cut* dan *Box Cut* karena dianggap sesuai untuk lokasi tersebut karena berdekatan dengan kantor induksi, gudang handak, dan *office* PT. Adaro Indonesia.

2) Data Hasil Pengukuran Getaran

Pengukuran getaran dilakukan di 3 (tiga) lokasi yang berbeda tapi pada waktu yang bersamaan saat peledakan dilakukan, yaitu Gudang handak, Kantor Induksi, dan *Office* PT. Adaro Indonesia, dan alat yang digunakan untuk mengukur getaran adalah *Micromate InstanTEL*.

3) Data Jumlah Muatan Bahan Peledak Yang Digunakan

Pada lokasi ROM 5 hanya 1 lubang yang meledak secara bersamaan, oleh karena itu jumlah muatan bahan peledaknya per *delay* adalah jumlah isian bahan peledak pada lubang yang meledak secara bersamaan.

Penelitian deskriptif pada umumnya dilakukan dengan tujuan utama, yaitu menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek dan subjek yang diteliti secara tepat. Teknik penelitian yang digunakan adalah observasi, inventarisasi data, dokumentasi, dan wawancara. Jenis data yang dikumpulkan dan digunakan dalam bentuk data primer dan data sekunder. Data primer berupa informasi yang langsung berdasarkan pengamatan di lapangan, sedangkan data sekunder berupa data dan informasi yang diperoleh dari PT. Pamapersada Nusantara

3.5.2 Metode Pengumpulan Data

Di dalam melaksanakan permasalahan ini, penyusun menggabungkan antara beberapa metode, yaitu :

1. Metode Observasi (Pengamatan)

Metode ini dilakukan dengan cara peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan secara langsung terhadap situasi, kondisi dan aktifitas di lokasi penelitian.

2. Metode Pengumpulan Data Primer

Metode ini yang dilakukan adalah mengambil semua data yang dibutuhkan dalam penelitian secara langsung di lapangan area penelitian.

3. Metode Pustaka

Dilakukan dengan cara mencari literatur mengenai getaran tanah dan sifat mekanika batuan, baik berupa data yang diberikan pihak perusahaan, maupun hasil praktik kerja lapangan yang terdahulu.

3.5.3 Prosedur Pengambilan Data

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

1. Studi Literatur

Mencari berbagai referensi sebagai bahan tambahan dan dasar teori untuk memecahkan masalah yang ada di lapangan.

2. Pengambilan Data Lapangan

Data yang diambil dalam kegiatan penelitian ini adalah data pengukuran getaran tanah hasil peledakan, data jarak pengukuran dari lokasi peledakan ke titik pengukuran, serta data penunjang berupa kekuatan massa batuan.

3. Pengelompokan Data.

Selanjutnya data yang diperoleh dari hasil studi literatur dan studi lapangan, kemudian dikelompokkan menjadi data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data penunjang yang didapat peneliti

dari pihak perusahaan, instansi yang terkait dengan penelitian. Data primer adalah data yang diambil peneliti di lapangan dan diolah peneliti.

4. Analisis dan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan melakukan analisis pengaruh pola peledakan terhadap nilai getaran yang diukur. Data hasil pengukuran getaran digunakan sebagai pembandingan antara nilai PPV prediksi dan aktual yang tidak melewati nilai ambang batas dan dikategorikan aman untuk bangunan.

5. Hasil dan Pembahasan

Menampilkan semua parameter pengolahan data seperti nilai getaran tanah, analisis pengaruh pola peledakan terhadap nilai PPV getaran.

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang diperoleh menunjukkan tujuan dari penelitian berupa perbandingan nilai PPV prediksi dan aktual per pola peledakan yang diterapkan.

3.5.4 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. *Micromate*
- b. Alat tulis (pensil, pulpen, buku tulis, penggaris, dan *clipboard*)
- c. Kamera / Kamera HP
- d. Kalkulator

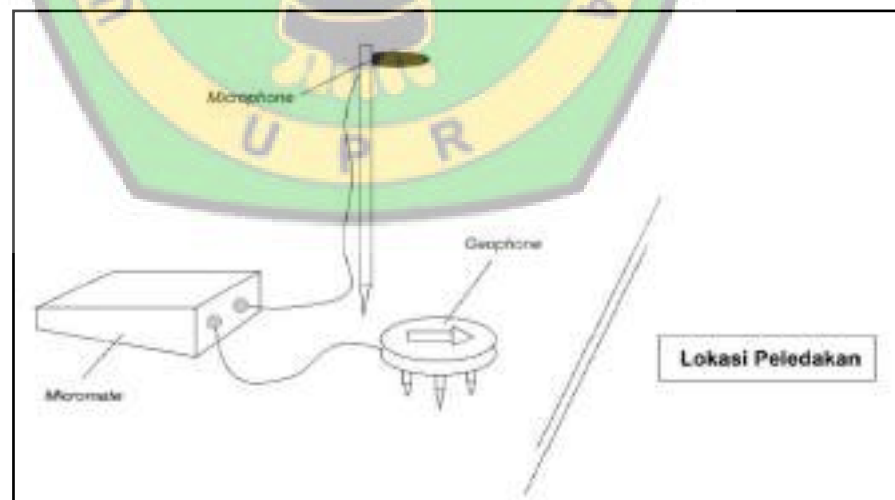
- e. Laptop
- f. Alat Pelindung Diri (APD)

3.6 Metodologi Penelitian

3.6.1 Proses Penelitian di Lapangan

Langkah kerja pengambilan data di lapangan dan analisa data adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran nilai getaran pada lokasi yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu gudang handak, kantor induksi, dan *office* dengan jarak diambil dari peta rencana peledakan. Pengukuran getaran direkam menggunakan alat *Micromate InstanTel* dengan bentuk cara pengukuran getaran ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.7 Teknik Pengukuran Menggunakan *Micromate*

Pada gambar diatas menunjukkan penggunaan *Micromate* untuk pengukuran getaran. Bagian yang menerima getaran tanah adalah

geophone, kuku dari *geophone* ditancapkan pada tanah dan diarahkan ke lokasi peledakan.

2. Data yang diperoleh seperti data vibrasi, muatan bahan peledak dan jarak lokasi peledakan terhadap lokasi pengukuran diolah dalam persamaan PPV. Dalam persamaan tersebut terdapat nilai konstanta, nilai konstanta yang digunakan adalah nilai acuan menurut standar internasional. Kemudian dengan nilai konstanta tersebut akan dilakukan pengujian untuk memprediksi hasil pengukuran getaran yang akan dilakukan.

3. Pengukuran PPV aktual

Data PPV diperoleh secara aktual dari hasil pengukuran getaran melalui alat ukur *Micromate InstanTel*. Data tersebut yang kemudian dijadikan pembandingan dengan perhitungan PPV secara teoritis.

4. Persentase Keakuratan Prediksi

Pada perhitungan ini akan membandingkan hasil perhitungan PPV secara teoritis dan aktual. Hasil perhitungan yang diperoleh merupakan nilai persentase keakuratan hasil perhitungan teoritis terhadap hasil pengukuran di lapangan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Nilai Getaran Tanah

Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai getaran tanah yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan di ROM 5 Pit Tutupan adalah sebagai berikut :

a. Geometri Peledakan : geometri peledakan yang diterapkan akan mempengaruhi jumlah pemakaian bahan peledak, dimana geometri peledakan yang digunakan di ROM 5 Pit tutpan PT. Pamapersada Nusantara adalah :

1. *Burden* : 8 meter
2. *Spacing* : 8 – 9 meter
3. Kedalaman Lubang Ledak : 7 – 8 meter
4. Panjang Isian Kolom : 3 – 6 meter
5. *Stemming* : 3 – 4 meter
6. Jumlah *Row* : 3 – 12 baris

b. Muatan Bahan Peledak Per Waktu Tunda : merupakan muatan bahan peledak yang meledak dalam satu waktu tunda, dimana dalam peledakan di ROM 5 dengan menggunakan waktu tunda dipastikan hanya ada 1 lubang yang meledak pada satu waktu tunda, sehingga muatan bahan peledak per waktu tunda sama

dengan pemakaian bahan peledak per lubang ledak, dapat dilihat pada lampiran (Hasil Pengukuran Getaran)

- c. Jarak Lokasi Peledakan – Pengukuran Getaran : jarak antara lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran getaran, yaitu gudang handak dan kantor induksi adaro, jarak dapat dilihat pada lampiran (Hasil Pengukuran Getaran) dimana semakin jauh jaraknya maka getaran yang dihasilkan semakin kecil, contohnya pada peledakan tanggal 22 April 2018 yaitu 1.808 meter, dimana PPV getaran yang terukur adalah 0,95 mm/s. Adapun sebaliknya, semakin dekat jarak lokasi peledakan – pengukuran, maka getaran yang dihasilkan pun semakin besar, seperti pada peledakan tanggal 08 April 2018, dengan jarak 898 meter, nilai PPV getaran yang terukur adalah 3,68 mm/s.

4.1.2 Nilai PPV Prediksi Dan Aktual Serta Pengaruhnya Terhadap Bangunan

Nilai PPV getaran yang dihasilkan oleh kegiatan peledakan di ROM 5 selama bulan April – Mei 2018, baik dari hasil prediksi maupun pengukuran aktual di lapangan, semua berada pada batas aman, sesuai dengan nilai ambang batas PPV yaitu 2 mm/s. Adapun perhitungan PPV secara prediksi dengan menggunakan rumus $PPV = k \left(\frac{D}{\sqrt{w}} \right)^{-n}$, dimana nilai K (Koefisien Peluruhan Getaran) = 1143 dan nilai “n”.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Getaran Bulan Mei

No	Date	Holes	Distance (m)	Measuring Point	Charge Weight (kg)	PPV (mm/s)	Remarks
1	1 Mei 18	75	1366	Gudang Handak	87	0,90	Echelon
2	1 Mei 18	75	1686	Office Induksi Adaro	87	1,33	Echelon
3	2 Mei 18	63	1405	Gudang Handak	95	0,96	Echelon
4	2 Mei 18	63	1224	Office Induksi Adaro	95	1,25	Echelon

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan PPV Prediksi Bulan Mei

$W^{1/2}$	$D/W^{1/2}$	$(D/W^{1/2})^{-1,6}$	PPV Prediksi (mm/s)
9,309493	146,7319	0,000341634	0,390487
9,309493	181,1055	0,000243955	0,27884
9,746794	144,15	0,000351477	0,401738
9,746794	125,5798	0,000438257	0,500927

Ini merupakan perhitungan PPV Prediksi dengan menggunakan data bulan Mei, selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Dari data hasil pengukuran getaran selama bulan April – Mei 2018, nilai PPV getaran berada dibawah nilai ambang batas getaran terhadap bangunan yaitu 2 mm/s. dengan demikian berdasarkan hal tersebut maka nilai PPV getaran hasil peledakan di ROM 5 masih aman terhadap bangunan sekitarnya, yaitu gudang handak dan kantor induksi adaro.

4.1.3 Perbandingan PPV Berdasarkan Pola Peledakan Yang Digunakan

Berdasarkan pola peledakan yang diterapkan, nilai getaran yang dihasilkan pun berbeda, adapun pola peledakan yang diterapkan

adalah *Echelon* dan *Box Cut*, nilai getaran yang dihasilkan dari masing- masing pola ini juga berbeda.

Tabel 4.5 Perhitungan PPV untuk Pola *Echelon Cut*

No	Date	Holes	Distance (m)	Charge Weight (kg)	PPV Aktual (mm/s)	PPV Prediksi (mm/s)
1	1 Mei 18	75	1366	87	0,90	0,390487
2	1 Mei 18	75	1686	87	1,33	0,27884
3	2 Mei 18	63	1405	95	0,96	0,401738
4	2 Mei 18	63	1224	95	1,25	0,500927
5	3 Mei 18	45	1389	58	0,85	0,275718
6	3 Mei 18	30	1219	67	1,75	0,381329
7	6 Mei 18	53	1354	74	1,20	0,349013
8	6 Mei 18	53	1114	74	1,90	0,476887
9	8 Mei 18	32	1458	94	0,98	0,375436
10	8 Mei 18	85	1212	94	2,86	0,504597
11	10 Mei 18	118	1427	64	0,95	0,285701
12	10 Mei 18	45	1135	78	2,13	0,481656
13	12 Mei 18	171	1435	137	1,00	0,520547
14	12 Mei 18	171	1227	137	2,66	0,668762
15	13 Mei 18	51	1673	40	2,18	0,15209
16	13 Mei 18	51	814	40	1,05	0,48161
17	15 Mei 18	27	780	56	0,00	0,674909
18	15 Mei 18	27	826	74	0,94	0,769597
19	16 Mei 18	54	1242	65	0,70	0,362162
20	16 Mei 18	54	1018	65	1,38	0,497853
21	17 Mei 18	125	1701	80	0,90	0,258895
22	17 Mei 18	125	1330	80	2,90	0,383785
23	19 Mei 18	105	1253	98	1,30	0,494658
24	19 Mei 18	105	1019	98	2,69	0,68857
25	21 Mei 18	89	1325	93	0,98	0,434142
26	21 Mei 18	89	1132	93	1,90	0,5585
27	24 Mei 18	110	1547	69	1,00	0,26665
28	24 Mei 18	110	1180	69	2,40	0,413597
29	26 Mei 18	64	1444	84	0,95	0,348467
30	26 Mei 18	64	1204	84	2,38	0,466087

No	Date	Holes	Distance (m)	Charge Weight (kg)	PPV Aktual (mm/s)	PPV Prediksi (mm/s)
31	27 Mei 18	45	1524	89	0,00	0,334798
32	27 Mei 18	45	1362	89	1,71	0,400751
33	28 Mei 18	58	1382	72	0,90	0,330445
34	28 Mei 18	100	932	80	1,83	0,675232
35	30 Mei 18	86	1057	73	3,20	0,513079
36	31 Mei 18	178	1601	80	0,94	0,284114
37	31 Mei 18	178	1337	80	1,80	0,37906

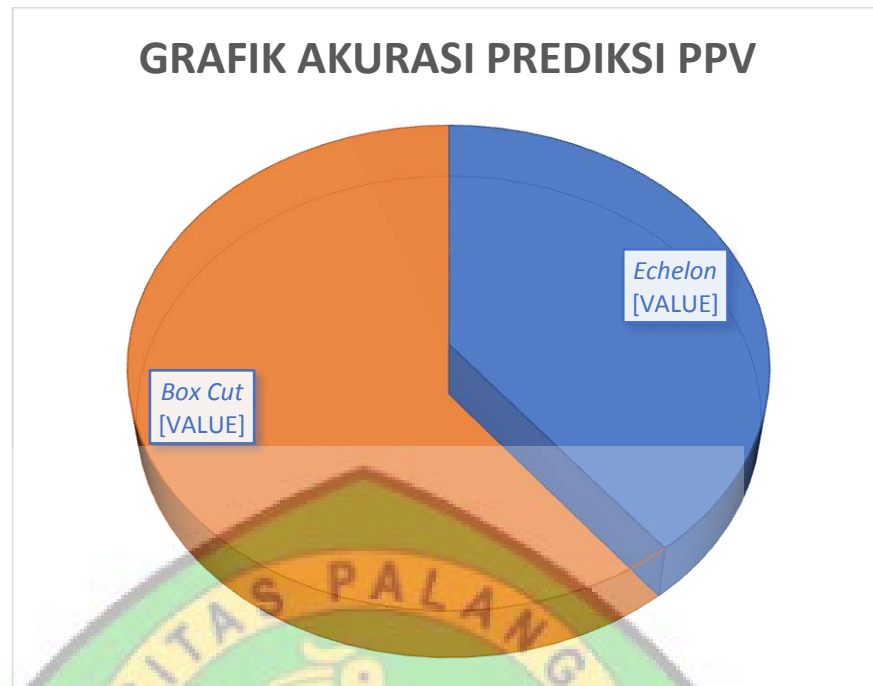
Dengan persentase akurasi prediksi rata – rata : 31.62 %

Tabel 4.6 Perhitungan PPV Untuk Pola *Box Cut*

No	Date	Holes	Distance (m)	Charge Weight (kg)	PPV Aktual (mm/s)	PPV Prediksi (mm/s)
1	5 Mei 18	74	1394	92	0,00	0,395132
2	5 Mei 18	74	1114	92	1,50	0,565648
3	7 Mei 18	105	1421	128	1,13	0,500799
4	7 Mei 18	105	1216	128	0,00	0,64257
5	9 Mei 18	86	1536	81	1,16	0,306626
6	9 Mei 18	86	1137	81	2,50	0,496155
7	20 Mei 18	100	1325	110	1,70	0,496152
8	20 Mei 18	100	1132	110	1,60	0,638272
9	29 Mei 18	100	1323	60	1,10	0,306247
10	29 Mei 18	100	925	60	2,70	0,542926
11	30 Mei 18	90	1338	108	1,30	0,481344

Dengan persentase akurasi prediksi rata – rata : 48.83 %

Berikut adalah grafik rata – rata perbandingan persen akurasi prediksi antara pola peledakan *Echelon* dan *Box Cut*.



Gambar 4.1 Perbandingan Pola *Echelon* dan *Box Cut*

Dengan melihat perbandingan perhitungan diatas maka hasilnya dikategorikan aman dikarenakan nilainya tidak melewati nilai ambang batas standar *ground vibration* yang ditetapkan oleh SNI yaitu 2 mm/s.

Selanjutnya prediksi *ground vibration* dihitung dengan menggunakan nilai K secara teoritis. Dan hasil perhitungan dengan nilai *ground vibration* aktual tidak berbeda jauh. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel .

4.2 Pembahasan

Pada prinsipnya setiap kegiatan peledakan akan menghasilkan efek peledakan yang dalam hal ini adalah *ground vibration*. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengukuran dan perlakuan khusus terhadap efek – efek dari peledakan tersebut. Pengukuran getaran harus dilakukan setiap kali peledakan dilaksanakan. Hasil pengukuran yang telah dilakukan akan dianalisis berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (SNI). Hasil pengukuran *ground vibration* dapat dilihat pada lampiran.

1. Analisis hasil pengukuran *ground vibration* terhadap geometri yang digunakan. Dari pengukuran yang dilakukan selama di lapangan dengan menggunakan alat *micromate*, didapat bahwa *ground vibration* akibat peledakan masih berada pada batas aman terhadap gedung / bangunan terdekat berdasarkan SNI. Hal ini berarti geometri peledakan yang diterapkan selama kegiatan peledakan di ROM 5 sudah cukup bagus jika dilihat dari getaran yang dihasilkan.

Getaran peledakan yang didapat selama bulan April 100 % masih berada pada batas aman jika mengacu pada SNI dan standar vibrasi yang telah ditetapkan oleh PT. Adaro Indonesia. Getaran peledakan terbesar didapat pada tanggal 08 April 2018 dengan Jarak 898 meter dimana berat isiannya 64 kg. pada bulan Mei getaran peledakan diatas 1 mm/s terjadi 59 kali, jika dipersentasikan yaitu sekitar 67 %. Dengan hasil ini maka tidak menimbulkan kerusakan sama sekali karena masih berada dibawah

2 mm/s sesuai dengan batas aman yang sudah ditetapkan oleh PT. Adaro Indonesia maupun SNI.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Faktor – faktor yang mempengaruhi nilai getaran tanah hasil peledakan adalah geometri peledakan yang nantinya akan berpengaruh terhadap pemakaian bahan peledak per lubang ledak ataupun per waktu tunda.

Adapun geometri peledakan yang dipakai di ROM 5 adalah :

- *Burden* : 8 meter
- *Spacing* : 8 – 9 meter
- Kedalaman lubang ledak : 7 – 8 meter
- *Powder Factor* : 0,20 gr/cc

2. Dari hasil pengukuran getaran selama bulan April – Mei, semua nilai PPV getaran berada dibawah 2 mm/s dan aman untuk bangunan terdekat dengan ROM 5 yaitu gudang handak dan kantor induksi adaro walaupun ada beberapa yang berada diatas 2 mm/s, yaitu 3,68 mm/s dan 3,2 mm/s dan pengukuran ini dilakukan di kantor induksi adaro, dan standar vibrasi yang diberikan adalah 5 mm/s sehingga masih aman untuk bangunan, khususnya kantor induksi adaro.
3. Dari perhitungan PPV prediksi dan perbandingan dengan PPV aktual berdasarkan pola peledakan yang digunakan, yaitu pola *echelon* dan *box cut*, maka untuk akurasi prediksi PPV, untuk pola *Box Cut* jauh lebih

baik dibandingkan pola *echelon*, yaitu tingkat akurasi prediksi PPV untuk pola *echelon* adalah 31,62% dan untuk pola *box cut* adalah 48,82%.

5.2 Saran

1. Penentuan jumlah muatan bahan peledak yang digunakan per *delay* sebaiknya ditentukan berdasarkan *Scaled distance* , sehingga getaran peledakan dapat dikontrol secara berkala.
2. Pada saat melakukan pengukuran sebaiknya jauhkan alat ukur getaran dari benda – benda yang berpotensi menghasilkan getaran, sehingga getaran ang dihasilkan dari aktivitas peledakan dapat terekam sempurna.



DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, 2004, Pengukuran Vibrasi Peledakan, Pamapersada Nusantara: Banjarmasin
2. Badan Standarisasi Nasional Nomor SNI 7571 : 2010, Baku tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka terhadap bangunan.
3. Baku Tingkat Getaran, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: Kep-49/MENLH/11/1996.
4. Mostafa Mohamed, 2010, *Vibration Control*, ISBN: 978-953-307-117-6, InTech, Available from: <http://intechopen.com/books/vibration-control/vibration-control>.
5. Pusklat TMB, 2004. Modul Juru Ledak kelas II. Bandung: DISTAMBEN RI
6. Roy. Pijush Pal. (2005). *Rock Blasting: Effects and Operations*. A A Balkema Publishers Leiden. Neitherland.
7. Singh. P.K dan Amalendu Sinha. (2012). *Rock fragmentation by blasting*. Published in *Proceedings Of The 10th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*.
8. Singh. T.N dan A.K. Verma. (2010). *Sensitivity of Total Charge And Maximum Charge per Delay on Ground vibration*. Department of Earth Sciences. Indian Institute of Technology. Geomatics. Natural Hazards and Risk Vol. 1. No. 3 259-272.