

**ANALISIS *GROUND VIBRATION* PADA KEGIATAN
PELEDAKAN BERDASARKAN NILAI *POWDER
FACTOR* DI PT. PAMAPERSADA NUSANTARA
DISTRICT KALTIM PRIMA COAL SANGATTA
UTARA KABUPATEN KUTAI TIMUR PROVINSI
KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

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



OLEH

**WIWID VIRLIA
DBD 114 127**

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : WIWID VIRLIA

NIM : DBD 114 127

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, 09 Maret 2020

Penulis,



WIWID VIRLIA
NIM : DBD 114 127

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS *GROUND VIBRATION* PADA KEGIATAN PELEDAKAN BERDASARKAN NILAI *POWDER FACTOR* DI PT. PAMAPERSADA NUSANTARA *DISTRICT* KALTIM PRIMA COAL SANGATTA UTARA KABUPATEN KUTAI TIMUR PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

Oleh :

WIWID VIRLIA

DBD 114 127

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal 09 Maret 2020 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Susunan Tim Penguji

1. HEPRYANDI LUWYK DJANAS USUP, S.T., M.T.
NIP. 19810211 200604 1 001
2. Ir. YULIAN TARUNA, M. Si.
NIP. 19580705 198903 1 019
3. YOSSA YONATHAN HUTAJULU., S.T., M.T.
NIP. 19841022 201504 1 001
4. DODY ARIYANTHO KUSMA WIJAYA, S.Hut., M. Si.
NIP. 19831207 201212 1 001
5. LISA VIRGIYANTI, S.T., M.T.
NIP. 19770904 200801 2 011

Ketua

Sekretaris

Anggota

Anggota

Anggota



Menyetujui Ketua Jurusan/Prodi
Teknik Pertambangan,



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

HALAMAN PERSEMBAHAN

*“And the Lord will make you the head and not the tail,
And you shall only go up not down,
If you obey the commandments of the Lord your God,
With I command you today, being carefull to do them”
Deuteronomy 28 : 13*

Puji syukurku kepada Tuhan-ku Yesus Kristus untuk semua berkat-Nya untuk hidupku TERAMAT besar. Banyak mukjizat yang awalnya kupikir aku tak mampu, ternyata Tuhan mampukan. Thanks Jesus for always inside me.

Puji syukurku pada Tuhan buat orangtua, mama tersayang yang cantik Serta Sihite dan papa Jhonny Lumban Tobing, yang kasihnya tak pernah putus buatku dan adik-adikku. I love you both. Terutama mama yang sekarang berjuang sendiri menyekolahkan aku dan adik-adik. Sehat selalu, panjang umur dan awet muda ya Mam. Begitu juga dengan papa sehat-sehat disana. Karena kami harus membahagiakan kalian. Doa kami selalu buatmu.

Puji syukurku pada Tuhan telah diberikan adik-adik yang baik telah mendukung, mendoakan dan beri kebahagiaan, adik Mayang Vanessa, Ary Prayogo dan Winda Mariany. Semoga kita sukses yaa adek-adekku yang baik, cantik, ganteng dan pintar..

Puji syukurku pada Tuhan untuk teman-temanku di Kutacane, Sangatta, Tanjung, Medan dan Palangkaraya yang tak bisa kusebut satu persatu namanya. Terutama buat Davit Manullang, L. Maro, Firdaus, Ricky dan Ibeth. Makasi banyak gais, banyak bantuan dan dukungan kalian buatku termasuk menggibah sebagai penghilang beban pikiran, gonna miss you someday. Semoga kita tetap keep contact yaa dan semoga sukses.

Puji syukurku pada Tuhan untuk teman seangkatan 2014 dosen pembimbing, dosen penguji dan dosen-dosen pengajar di Universitas Palangkaraya yang telah banyak sekali membantu untuk sebuah gelar ini. Sehat-sehat buat Bapak dan Ibu dosenku.

Seperti sebuah pesan yang saya ambil dari pesan dosen penguji saya yaitu Bapak Yossa, “Jadilah seperti air yang bisa mengikuti bentuk wadah atau tempatnya. Namun walau begitu air dapat memecahkan sebuah batu”. Artinya jadilah orang yang bisa menyesuaikan diri di lingkungan manapun berada.

TERIMAKASIH....

GOD BLESS ME AND YOU

SARI

PT. Pamapersada Nusantara merupakan perusahaan kontraktor tambang batubara yang bekerja melayani produksi batubara dan *overburden* untuk PT. Kaltim Prima Coal yang berlokasi di Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. Dalam produksi batubara, 90% diberaiakan dengan metode pengeboran dan peledakan.

Geometri peledakan yang digunakan di lapangan yaitu *burden* berkisar 7 - 8 meter dan *spacing* berkisar 8 - 9 meter dengan kedalaman lubang bervariasi antara 3 - 7 meter. Arah pemboran vertikal dan pola pemboran selang-seling (*staggered pattern*). Pada Pit Pelangi dilakukan peledakan dengan metode nonel, sedangkan pola peledakan yang digunakan adalah *boxcut*. Nilai maksimum *powder factor* yang ditetapkan oleh perusahaan adalah $0,22 \text{ kg/m}^3$. Letak Pit Pelangi berdekatan dengan area *office* sekitar ± 1100 meter dengan batas ambang getaran 2 mm/s . Untuk memastikan bahwa getaran tanah yang dihasilkan sesuai dengan penggunaan nilai *powder factor* yang optimal, maka dapat ditentukan dengan nilai factor K sebagai nilai *site specific*.

Berdasarkan hasil pengukuran getaran tanah dari *peak particle velocity* aktual dan perhitungan *powder factor* aktual yang telah dilakukan peneliti sebanyak 8 kali peledakan, maka didapatkan nilai factor K dari masing-masing lokasi yang bervariasi. Selanjutnya nilai factor K digunakan untuk memprediksikan *peak particle velocity* (nilai getaran tanah) yang dihasilkan dari nilai *powder factor* seperti $0,21 - 0,25 \text{ kg/m}^3$ dan jarak pengukuran yang diminimalisir yaitu 1025 m, 1290 m dan 1568 m. Nilai prediksi getaran tanah tersebut dihasilkan berdasarkan penjabaran rumus *scaled distance* sehingga dapat ditarik rumusan korelasi *peak particle velocity* dan nilai *powder factor*.

Dari hasil analisis berdasarkan grafik regresi linier didapatkan bahwa *ground vibration* berbanding senilai dengan nilai *powder factor*, artinya jika nilai *powder factor* meningkat maka getaran tanah ikut mengalami peningkatan. Begitu juga sebaliknya jika nilai *powder factor* menurun, maka nilai getaran tanah yang dihasilkan juga cenderung mengalami penurunan.

Kata Kunci : *Ground Vibration, Peak Particle Velocity, Scaled Distance, Powder Factor, Faktor K.*

ABSTRACT

PT. Pamapersada Nusantara is a coal mining contractor company that works to serve coal production and overburden for PT. Kaltim Prima Coal, located in North Sangatta, East Kutai Regency, East Kalimantan Province. In coal production, 90% is applied using drilling and blasting methods.

The blasting geometry used in the field is a burden ranging from 7 meters - 8 meters and spacing ranging from 8 meters - 9 meters with hole depths varying from 3 meters to 7 meters. Vertical drilling direction and staggered pattern drilling pattern. At the Pelangi Pit blasting method is carried out using the nonel method, while the blasting pattern used is the boxcut. The maximum value of powder factor determined by the company is 0.22 kg / m³. The location of the Pelangi Pit is adjacent to the office area of around \pm 1100 meters with a threshold of vibration of 2 mm/s. To ensure that the ground vibration produced is in accordance with the optimal use of powder factor values, it can be determined with the factor K value as site specific values.

Based on the results of measurements of ground vibration from the actual peak particle velocity and the calculation of the actual powder factor that has been carried out by researchers as many as 8 times blasting, then the value of K factor obtained from each location varies. And then the value of factor K is used to predict peak particle velocity (the value of ground vibrations) resulting from the value of powder factors such as 0.21 - 0.25 kg / m³ and the minimized measurement distances are 1025 m, 1290 m and 1568 m. The predicted value of the ground vibration is generated based on scaled distance formula so that the peak particle velocity correlation formula and powder factor values can be related.

From the results of the analysis based on linear regression graphs found that ground vibration is proportional to the value of the powder factor, meaning that if the value of the powder factor increases, the ground vibration also increases. And if the value of the powder factor decreases, then the value of the resulting ground vibration also tends to decrease.

Key Words : Ground Vibration, Peak Particle Velocity, Powder Factor, Scaled Distance, K Factor.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karuniaNya penyusun masih diberikan kesehatan jasmani dan rohani untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian di lapangan yang dilakukan di PT. Pamapersada Nusantara *District* Kaltim Prima Coal pada tanggal 19 September 2018 sampai 14 November 2018 dengan judul “Analisis *Ground Vibration* Pada Kegiatan Peledakan Berdasarkan Nilai *Powder Factor* di PT. Pamapersada Nusantara *District* Kaltim Prima Coal Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur”.

Dalam penulisan laporan ini, tidak lupa penulis menyampaikan ucapan 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 H., S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan/Prodi Teknik Pertambangan Universitas Palangka Raya dan Dosen Penguji I Skripsi.
4. Bapak Hepryandi L. Dj. Usup, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing I Skripsi.
5. Bapak Ir. Yulian Taruna, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.

6. Bapak Dody Ariyantho Kusma Wijaya, S.Hut., M.Si., selaku Dosen Penguji II Skripsi.
7. Ibu Lisa Virgiyanti, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji III Skripsi.
8. Bapak Andi Yulius, S.T., selaku Kepala Departemen *Drilling and Blasting* di PT. Pamapersada Nusantara *District Kaltim Prima Coal Sangatta*.
9. Bapak Sujangi, S.T., selaku *Section Head Drilling and Blasting*.
10. Bapak Yosua Puja W., S.T., selaku *Section Head Drilling and Blasting*.
11. Bapak Seto Purindra Putro, S.T., selaku *Technical Drilling and Blasting* serta Pembimbing Lapangan di PT. Pamapersada Nusantara.
12. Bapak Reyhan Wiyarta S., S.T., selaku *Technical Drilling and Blasting* di PT. Pamapersada Nusantara.
13. Bapak Kiflan Muzwar, S.T., selaku *Junior Engineer Drilling and Blasting* di PT. Pamapersada Nusantara.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat baik bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya. Penulis telah berupaya dengan optimal dalam penulisan Skripsi ini, tetapi penulis yakin bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Masukan serta kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan untuk menyempurnakan Skripsi ini.

Palangka Raya, 09 Maret 2020

Hormat Penulis

Wiwid Virlia

DBD 114 127

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
SARI.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Dan Manfaat	3
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Mekanisme Pecahnya Batuan.....	8
2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi	
Dalam Merancang Peledakan	10
2.3.1 Faktor Yang Tidak Dapat Dikendalikan	10
2.3.2 Faktor Yang Dapat Dikendalikan	13
2.4 <i>Powder Factor</i>	33

2.5	Getaran Tanah	33
2.5.1	Faktor Yang Mempengaruhi Getaran	34
2.5.2	Prinsip Pengukuran Getaran	35
2.5.3	Alat Pengukur Getaran.....	36
2.6	Gelombang Seismik	37
2.7	Kontrol Vibrasi	38
2.8	Faktor K	40
2.9	Analisis Regresi	42
2.9.1	Analisis Korelasi.....	43
2.10	Standar Vibrasi Peledakan	46
 BAB III METODE PENELITIAN		47
3.1	Gambaran Umum Wilayah Penelitian.....	47
3.1.1	Profil Dan Sejarah Perusahaan	47
3.1.2	Lokasi Dan Kesampaian Daerah	48
3.1.3	Struktur Organisasi Perusahaan.....	49
3.1.4	Keadaan Iklim Dan Curah Hujan	49
3.2	Geologi Daerah Regional.....	49
3.2.1	Fisiografi	50
3.2.2	Stratigrafi.....	51
3.2.3	Struktur Geologi	52
3.3	Geologi Daerah Penelitian	52
3.3.1	Morfologi Daerah Penelitian	53
3.3.2	Litologi Daerah Penelitian.....	53
3.3.3	Struktur Geologi Daerah Penelitian.....	54
3.4	Alat Dan Bahan	54
3.5	Tata Laksana Penelitian.....	55
3.5.1	Langkah Kerja	55
3.5.2	Metode Penelitian	57
3.5.3	Bagan Alir Penelitian	58
3.5.4	Waktu Penelitian	59

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Hasil.....	60
4.1.1 <i>Powder Factor</i>	61
4.1.2 Hasil Pengukuran Getaran.....	62
4.1.3 Korelasi <i>Peak Particle Velocity</i> Berdasarkan Nilai <i>Powder Factor</i>	68
4.2 Pembahasan	81
4.2.1 <i>Powder Factor</i>	81
4.2.2 Hasil Pengukuran Getaran.....	82
4.2.3 Korelasi <i>Peak Particle Velocity</i> Berdasarkan Nilai <i>Powder Factor</i>	90
 BAB V PENUTUP.....	 98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	99

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Eksponen e Massa Batuan	40
Tabel 2.2 Nilai Koefisien Korelasi	45
Tabel 2.3 Standar PPV Berdasarkan Kelas dan Jenis Bangunan	46
Tabel 3.1 Waktu Kegiatan Penelitian	59
Tabel 4.1 <i>Powder Factor</i> Aktual di Lokasi Penelitian	62
Tabel 4.2 Geometri Aktual Lokasi Penelitian.....	62
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Getaran Tanah	65
Tabel 4.4 Perhitungan Faktor K.....	70
Tabel 4.5 Nilai <i>Peak Particle Velocity</i> Untuk Nilai K = 1541,9	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan	9
Gambar 2.2 Pengeboran Lubang Ledak Tegak dan Miring.....	14
Gambar 2.3 Pola Pengeboran.....	15
Gambar 2.4 Pengaruh Diameter Lubang Ledak terhadap Burden	16
Gambar 2.5 Geometri Peledakan	18
Gambar 2.6 Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan.....	26
Gambar 2.7 Contoh Rekaman Getaran Tanah	35
Gambar 2.8 Mekanisme Pengukuran Getaran dan Kebisingan	37
Gambar 2.9 Variasi Pergerakan Partikel.....	38
Gambar 2.10 Model Matematika Perhitungan Prediksi Getaran Tanah	41
Gambar 3.1 Struktur Organisasi PT. Pamapersada Nusantara.....	49
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	58
Gambar 4.1 Sketsa Peta Topografi Lokasi Penelitian Terhadap Area <i>Office</i> dan <i>Workshop</i>	60
Gambar 4.2 Lokasi Monitoring Dampak Peledakan di Area Office.....	61
Gambar 4.3 Pola Peledakan <i>Box Cut</i>	63
Gambar 4.4 Contoh Hasil Rekaman <i>BlastmateIII</i>	65
Gambar 4.5 Simulasi <i>ShotPlus</i> Untuk Lubang Ledak Bersamaan	66
Gambar 4.6 Simulasi <i>ShotPlus</i> Untuk Lubang Tidak Meledak Bersamaan ...	67
Gambar 4.7 Grafik Hubungan <i>Scaled Distance</i> dan <i>Peak Particle Velocity</i> ..	68

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Peta Kesampaian Daerah
- Lampiran B Peta Geologi Regional IUP
- Lampiran C Peta Geologi Daerah Penelitian
- Lampiran D Peta Topografi Daerah Penelitian
- Lampiran E Simulasi Peledakan Dengan Aplikasi *ShotPlus-i*
- Lampiran F Perhitungan *Peak Particle Velocity* Berdasarkan Nilai *Powder Factor*
Dengan Faktor K
- Lampiran G Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 49 Tahun 1996

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pamapersada Nusantara merupakan perusahaan kontraktor yang bergerak dibidang pertambangan. Salah satu kerja sama dibidang pertambangan adalah dengan PT. Kaltim Prima Coal. Kontrak kerja yang diberikan kepada PT. Pamapersada Nusantara adalah pengupasan, penggalian dan pengangkutan batubara ke *stockpile*. Salah satu kegiatan pembongkaran di lingkungan PT. Pamapersada Nusantara adalah pengupasan lapisan tanah penutup. Kegiatan ini didahului dengan proses pemberaian menggunakan metode pengeboran dan peledakan. Salah satu efek terhadap lingkungan dari kegiatan peledakan yaitu adanya *ground vibration*.

Getaran tanah (*ground vibration*) adalah gerakan bumi (*ground motion*) yang terjadi akibat adanya sumber energi. Sumber energi tersebut dapat berasal dari alam, seperti gempa bumi atau adanya aktivitas manusia, salah satu diantaranya adalah kegiatan peledakan. Getaran tanah (*ground vibration*) terjadi pada daerah elastic (*elastic zone*). Di daerah ini tegangan yang diterima material lebih kecil dari kekuatan material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastis material maka bentuk dan volume akan kembali ke keadaan semula setelah tak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis

akan menimbulkan gelombang getaran. Gelombang getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur bangunan seperti di area *office* dan *workshop* PT. Pamapersada Nusantara yang berada di sekitar lokasi peledakan. Area *office* dan *workshop* berjarak ± 1100 meter dari lokasi peledakan. Maka efek yang ditimbulkan akibat kegiatan peledakan harus lebih diperhatikan agar tidak berdampak buruk terhadap bangunan dan pekerja yang berada didalamnya.

Powder Factor adalah suatu bilangan yang menyatakan berat isian bahan peledak yang digunakan untuk menghancurkan sejumlah batuan dengan satuan kg/m^3 . Nilai *peak particle velocity* dapat diprediksikan berdasarkan nilai *powder factor* dengan bantuan factor K.. Faktor K merupakan nilai konstanta *site specific*. Dengan memperhatikan isian bahan peledak, jarak pengukuran dan Faktor K tiap lokasi peledakan, dapat bertujuan untuk memperkecil efek getaran dan nilai *powder factor* yang dihasilkan. Semakin besar nilai *powder factor* yang digunakan, umumnya semakin besar pula getaran tanah yang dihasilkan. Hal ini mendorong perusahaan untuk terus melakukan kontrol terhadap nilai *ground vibration* dan nilai *powder factor* pada setiap proses peledakan yang dilakukan dengan mengacu pada SNI 7571 tahun 2010.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis tertarik mengambil judul skripsi “Analisis *Ground Vibration* Pada Kegiatan Peledakan Berdasarkan Nilai *Powder Factor* di PT. Pamapersada Nusantara *District* Kaltim Prima Coal Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian skripsi ini adalah :

1. Berapa nilai *powder factor* aktual pada lokasi penelitian?
2. Bagaimana hasil pengukuran getaran tanah (*ground vibration*) pada kegiatan peledakan di PT. Pamapersada Nusantara?
3. Bagaimana korelasi antara *peak particle velocity* dari hasil pengukuran getaran tanah berdasarkan nilai *powder factor*?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud

Maksud dari penelitian skripsi ini adalah untuk menganalisis *ground vibration* yang merupakan efek peledakan berdasarkan nilai *powder factor* sehingga didapatkan korelasi keduanya dan nilai faktor K tiap lokasi.

1.3.2 Tujuan

Adapun tujuan dilakukan penelitian skripsi ini adalah :

1. Menghitung nilai *powder factor* aktual pada lokasi penelitian.
2. Menghitung tingkat getaran tanah hasil kegiatan peledakan.
3. Menganalisis korelasi antara *peak particle velocity* dari hasil pengukuran getaran tanah berdasarkan nilai *powder factor*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian skripsi ini adalah :

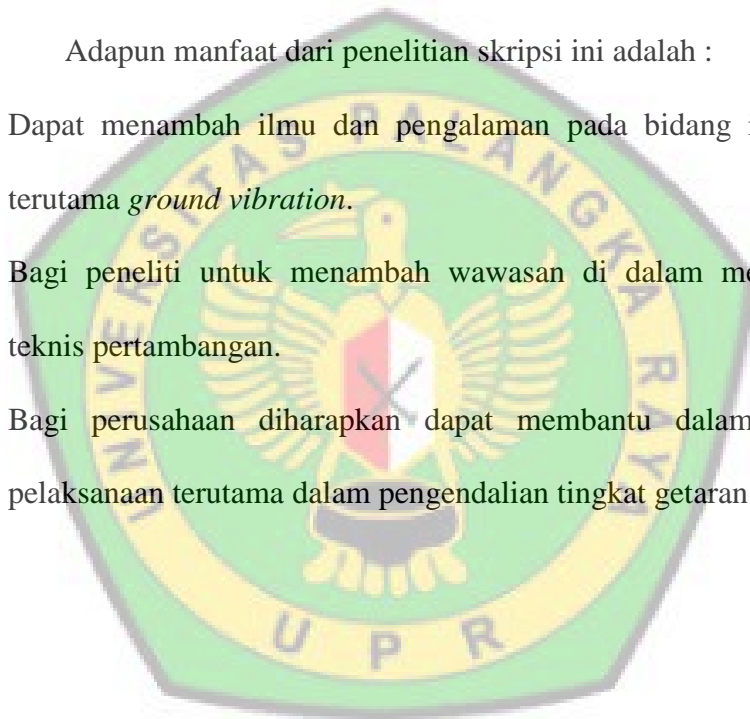
1. Penelitian secara khusus dilakukan pada pit Pelangi.

2. Geometri yang digunakan sesuai geometri aktual pada saat penelitian.
3. Kondisi geologi, target peledakan, biaya dan fragmentasi tidak dibahas lebih lanjut.
4. Dampak yang diamati adalah dampak getaran terhadap daerah *office* dan *workshop*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Dapat menambah ilmu dan pengalaman pada bidang ilmu peledakan terutama *ground vibration*.
2. Bagi peneliti untuk menambah wawasan di dalam menerapkan ilmu teknis pertambangan.
3. Bagi perusahaan diharapkan dapat membantu dalam mengevaluasi pelaksanaan terutama dalam pengendalian tingkat getaran tanah.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka mencakup dari isi bahasan pustaka yang berkaitan dengan masalah penelitian, berupa sajian hasil atau bahasan ringkas dari hasil temuan penelitian terdahulu yang relevan dengan masalah penelitian (Supriyanto, 2010: 72). Berikut ini disajikan hasil-hasil penelitian terdahulu sebagai perbandingan terhadap penelitian penulis.

Penelitian yang pertama dilakukan oleh Rusmawarni (2017). Penelitian ini dilakukan di daerah Samarinda Hulu dengan lapisan tanah penutup pada umumnya terdiri dari batupasir dan batulempung. Geometri yang digunakan yaitu burden 8 meter dan spasi 9 meter dengan kedalaman lubang bervariasi antara 5 meter sampai 8 meter. Penelitian ini menggunakan perbandingan regresi linier dengan nilai *ground vibration* diasumsikan 2 mm/s didapatkan jumlah isian bahan peledak pada jarak 400 m sebanyak 48 kg/lubang, jarak 500 m sebanyak 84 kg/lubang dan jarak 600 m sebanyak 132 kg/lubang.

Pengolahan data isian bahan peledak menggunakan rumus *scaled distance* maka dapat direkomendasikan jumlah isian bahan peledak dengan nilai *ground vibration* diasumsikan 2 mm/s pada jarak 400 m yaitu sebanyak 57,45 kg/lubang, pada jarak 450 m yaitu sebanyak 72,71 kg/lubang, pada jarak 500 m yaitu sebanyak 89,76 kg/lubang dan pada jarak 600 m sebanyak

129,2 kg/lubang. Sedangkan dengan menggunakan rumus *propagation law* maka dapat direkomendasikan jumlah isian bahan peledak pada jarak 400 m yaitu sebanyak 103,04 kg/delay, pada jarak 450 m yaitu sebanyak 130,41 kg/delay, pada jarak 500 m yaitu sebanyak 161 kg/delay dan pada jarak 600 m sebanyak 231,84 kg/delay.

Penelitian yang kedua oleh Yuliana (2017). Dengan lapisan penutup tanah umumnya terdiri dari material batupasir dan batulempung. Penelitian ini menggunakan hubungan *scaled distance* terhadap jarak yang menunjukkan bahwa dari jarak 200 m di lokasi peledakan sampai jarak 1000 m, maka nilai *scaled distance* semakin besar. Sehingga semakin besar isian bahan peledak per lubang maka jangkauan getaran yang dihasilkan juga semakin jauh dan nilai *scaled distance* semakin besar. Hal ini dikarenakan tiap geometri peledakan memiliki perbedaan kedalaman lubang ledak, jumlah lubang dan isian bahan peledak yaitu burden 8 m dan spasi 9 m dengan kedalaman maksimal 9 meter dengan arah pengeboran vertikal. Peledakan dilakukan dengan metode nonel sedangkan pola peledakan yang digunakan *echelon*.

Metode yang digunakan dengan menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi *ground vibration* seperti jarak pengukuran, jumlah isian bahan peledak dan kondisi alat yang digunakan. Hasil analisis yaitu semakin kecil *powder factor*, maka nilai *peak particle velocity* juga cenderung kecil. Sedangkan semakin besar *powder factor* yang digunakan, maka nilai *peak particle velocity* juga cenderung semakin besar.

Penelitian ketiga dilakukan oleh Leliani Susanti (2016). Penelitian ini dilakukan di daerah Katingan Tengah dengan struktur geologi merupakan jalur masuknya *vein* pembawa emas. Penelitian ini mengalisis pengukuran getaran tanah dengan metode *scaled distance* dengan menentukan factor K pada kegiatan peledakan. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan terdapat tingkat deviasi yang besar antara perhitungan PPV (*Peak Particle Velocity*) prediksi terhadap PPV aktual dengan menggunakan nilai factor $K = 850$ dan eksponen 1,8. Oleh sebab itu dilakukan analisis terhadap factor K dengan tiga metode yang berbeda yaitu metode rata-rata (*average*) yang dihitung melalui penurunan rumus *scaled distance*, metode regresi power dengan perangkat lunak *microsoft excel* dan metode *blastware* yang merupakan perangkat lunak bawaan dari alat ukur.

Dari hasil analisis didapatkan nilai faktor K untuk metode *average* adalah $K = 1506,67$ dengan eksponen 1,8, untuk metode regresi power menghasilkan faktor $K = 583,88$ dengan eksponen 1,551, sedangkan untuk metode *blastware* menghasilkan faktor $K = 419,4$ dengan eksponen 1,337. Dengan nilai-nilai faktor K tersebut dilakukan *trial and error* dan didapatkan tingkat deviasi terkecil antara prediksi terhadap aktual adalah dengan metode regresi power dengan deviasi sebesar 17,02%. Nilai faktor K tersebutlah yang akan dijadikan acuan dalam perhitungan berat maksimal bahan peledak perwaktu tunda untuk kegiatan peledakan yang aman.

2.2 Mekanisme Pecahnya Batuan

Konsep yang dipakai adalah konsep pemecahan dan reaksi-reaksi mekanik dalam batuan homogen. Sifat mekanis dalam batuan yang *homogen* akan berbeda dari batuan yang mempunyai rekahan-rekahan dan *heterogen* seperti yang dijumpai dalam pekerjaan peledakan. Proses pecahnya batuan akibat dari peledakan dibagi dalam tiga proses (lihat gambar), yaitu *dynamic loading*, *quasi-static loading* dan *release of loading*.

1) Proses pemecahan tingkat I (*dynamic loading*)

Pada saat bahan peledak meledak, tekanan tinggi menghancurkan batuan di daerah sekitar lubang ledak. Gelombang kejut yang meninggalkan lubang ledak merambat dengan kecepatan 3000 – 5000 m/det akan mengakibatkan tegangan *tangensial*, yang menimbulkan rekahan yang menjalar dari daerah lubang ledak. Rekah pertama menjalar terjadi dalam waktu 1 – 2 ms.

2) Proses pemecahan tingkat II (*quasi-static loading*)

Tekanan sehubungan dengan gelombang kejut yang meningkatkan lubang ledak pada proses pemecahan tingkat I adalah positif. Fungsi dari gelombang kejut adalah menyiapkan batuan dengan sejumlah rekahan-rekahan kecil. Secara teoritis energi gelombang kejut jumlahnya berkisar antara 5-15 % dari energi total bahan peledak. Jadi gelombang kejut menyediakan kesiapan dasar untuk proses pemecahan tingkat akhir.

3) Proses pemecahan tingkat III (*release of loading*)

Efek dari terlepasnya batuan adalah menyebabkan tegangan tarik tinggi dalam massa batuan yang akan melanjutkan pemecahan hasil yang telah terjadi pada proses pemecahan tingkat II. Rekanan hasil dalam pemecahan tingkat II menyebabkan bidang-bidang lemah untuk memulai reaksi-reaksi fragmentasi utama pada proses peledakan.



(Sumber : Kandiawan, 2014)

Gambar 2.1
Proses Pecahnya Batuan Akibat Peledakan

2.3 Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Dalam Merancang Peledakan

Faktor-faktor yang mempengaruhi kegiatan peledakan dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu yang dapat dikendalikan


(*controllable variable*) dan tidak dapat dikendalikan (*uncontrollable variable*).

2.3.1 Faktor yang tidak dapat dikendalikan

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 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.

c) ***Sifat dan Kekuatan Batuan***

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

- Sifat fisik : bobot isi

Pada umumnya bobot isi batuan digunakan sebagai petunjuk kemudahan batuan untuk dipecahkan dan dipindahkan. Untuk volume batuan yang sama, batuan yang berat memerlukan energi yang lebih besar untuk membongkarnya.

- Sifat mekanik : cepat rambat gelombang, kuat tekan dan kuat tarik.

Kecepatan rambat gelombang tiap batuan berbeda. Batuan yang massif 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. Kuat tekan dan kuat tarik juga dapat digunakan sebagai petunjuk kemudahan batuan untuk dipecahkan. Batuan pada dasarnya lebih kuat atau tahan terhadap tekanan dari pada tarikan, hal ini dicirikan oleh kuat tekan batuan lebih besar dibandingkan dengan kuat tariknya.

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*). Misalnya ANFO yang dapat larut dalam air, tidak dapat digunakan untuk zona peledakan yang banyak airnya. Untuk mengatasi pengaruh air, dapat menggunakan pompa untuk mengeluarkan air tersebut dari lubang ledak kemudian membungkus bahan peledak menggunakan plastik. Penutupan pada lubang ledak pada saat hujan juga merupakan salah satu cara mengurangi pengaruh air. Alternatif lain dalam mengatasi adanya pengaruh air dalam lubang ledak adalah dengan menggunakan bahan peledak yang tahan terhadap air atau dengan kata lain bahan peledakan

tersebut mempunyai ketahanan terhadap air (*water resistance*) yang sangat baik., contohnya *emulsi*, *watargel* atau *slurries*.

e) ***Kondisi Cuaca***

Kondisi cuaca mempunyai pengaruh besar terhadap kegiatan pembongkaran batuan, hal ini berkaitan dengan jadwal waktu kerja efektif rata-rata. Dalam suatu operasi peledakan, proses pengisian dan penyambungan rangkaian lubang ledak dilakukan pada cuaca normal, dan harus dihentikan ketika cuaca mendung (akan hujan) apalagi disertai kilat, dan hal ini sangat membahayakan apabila menggunakan metode pelakan listrik, karena kilatan dapat mengaktifasi aliran listrik, sehingga akan terjadi peledakan prematur. Selain itu, kondisi cuaca hujan juga mempengaruhi perekaman data getaran.

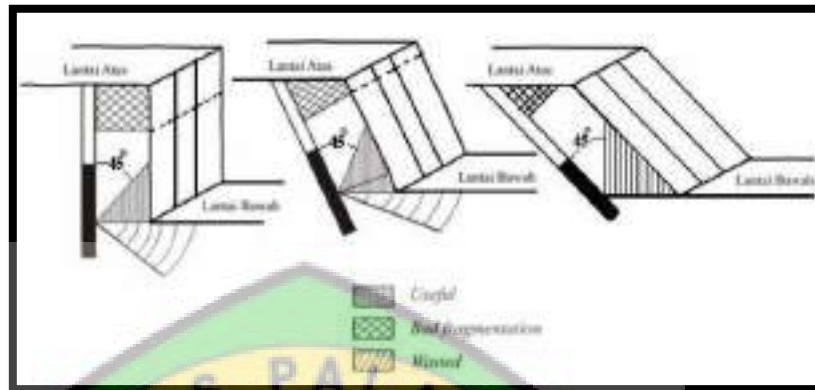
2.3.2 Faktor yang dapat dikendalikan

Adalah faktor-faktor yang dapat dikendalikan oleh kemampuan manusia dalam merancang suatu peledakan untuk memperoleh hasil peledakan yang diharapkan. Adapun faktor-faktor tersebut adalah :

a) ***Kemiringan Lubang Ledak***

Kemiringan lubang ledak secara teoritis ada dua, yaitu lubang ledak tegak dan lubang ledak miring. Rancangan peledakan yang menerapkan lubang ledak tegak, maka gelombang tekan yang dipantulkan oleh bidang bebas lebih sempit. Hal ini dapat menyebabkan timbulnya tonjolan pada lantai jenjang. Sedangkan pada

peledakan dengan lubang ledak miring akan membentuk bidang bebas yang lebih luas, sehingga gelombang tekan pada lantai jenjang menjadi lebih kecil (Gambar 2.2).



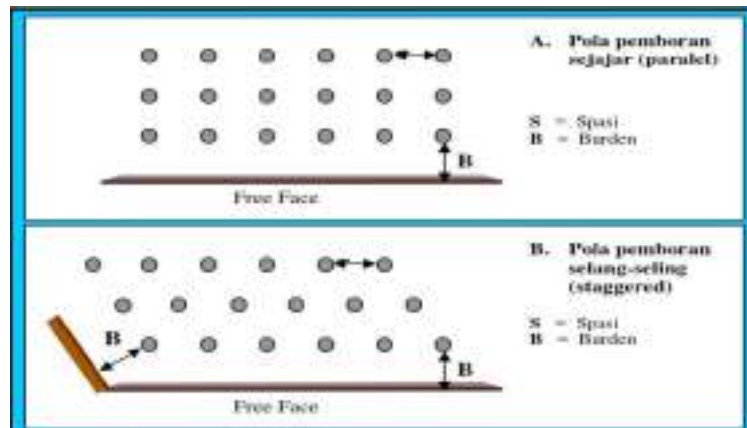
(Sumber : Jimeno, 1995)

Gambar 2.2
Pengeboran Dengan Lubang Ledak Tegak dan Lubang Ledak Miring

b) Pola Pengeboran

Pola pengeboran merupakan suatu pola dalam pengeboran untuk menempatkan lubang – lubang ledak secara sistematis. Pola pengeboran ada 2 macam, yaitu : Pola pengeboran sejajar (*parallel pattern*) dan pola pengeboran selang – seling (*staggered pattern*).

Pola pengeboran sejajar adalah pola pengeboran dengan penempatan lubang ledak dengan baris (*row*) yang berurutan dan sejajar dengan *burden*. Sedangkan pola pengeboran selang–seling merupakan pola pengeboran yang penempatan lubang–lubang ledaknya selang–seling setiap kolomnya (Gambar 2.3).



(Sumber : Hastrulid, 1999)

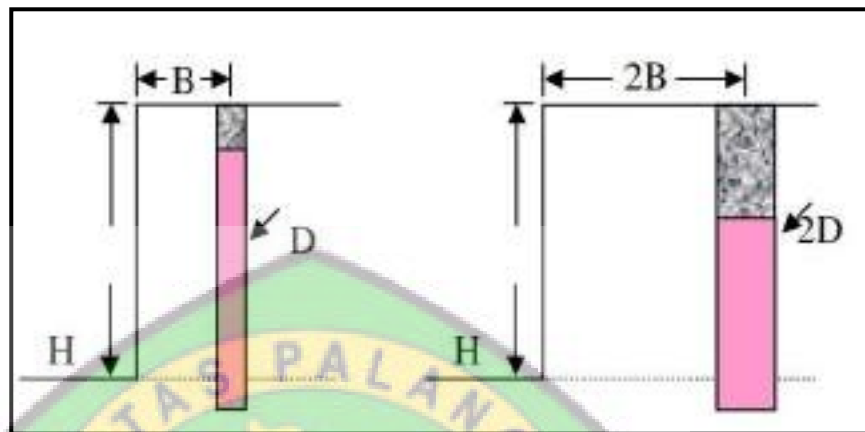
Gambar 2.3
Pola Pengeboran

Pada kondisi di lapangan, pola pengeboran sejajar lebih mudah dalam pembuatan dan pengaturannya, namun fragmentasi yang dihasilkan kurang seragam, sedangkan untuk pola pengeboran selang – seling fragmentasi yang dihasilkan lebih seragam walaupun lebih sulit dalam pengaturan di lapangan. Menurut hasil penelitian pada peledakan batuan yang kompak dan homogen, menunjukkan bahwa produktivitas dan tingkat fragmentasi hasil peledakan menggunakan pola pengeboran selang – seling lebih baik dibandingkan dengan pola pengeboran sejajar. Hal ini disebabkan karena pada pola pengeboran selang – seling, energi yang dihasilkan terdistribusi lebih optimal dalam batuan.

c) **Diameter Lubang Ledak**

Pemilihan diameter lubang ledak tergantung pada tingkat produksi yang diinginkan. Pemilihan ukuran lubang ledak secara tepat sangat penting untuk memperoleh hasil fragmentasi secara maksimal

dengan biaya rendah. Diameter lubang ledak berpengaruh pada penentuan jarak *burden* dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya (Gambar 2.4).



(Sumber : Jimeno, 1995)

Gambar 2.4
Pengaruh Diameter Lubang Ledak Terhadap Burden

Faktor – faktor yang mempengaruhi penentuan diameter lubang ledak antara lain :

- Volume massa batuan yang akan dibongkar
- Tinggi jenjang dan konfigurasi isian
- Fragmentasi yang diinginkan
- Mesin bor yang tersedia (hubungannya dengan biaya pengeboran)
- Kapasitas alat muat yang akan menangani material hasil peledakan

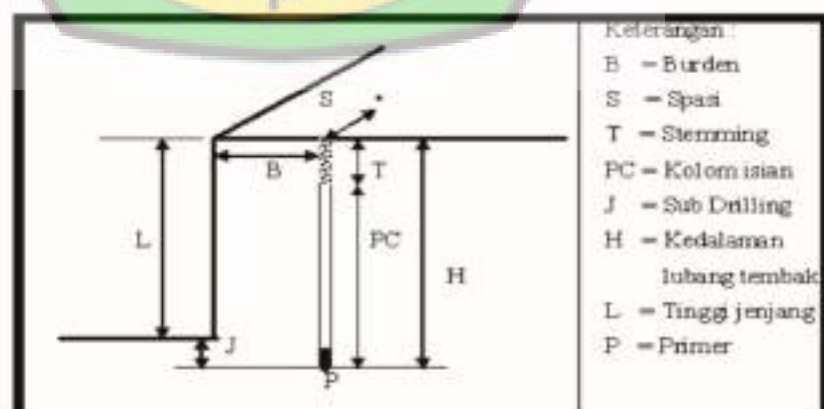
Diameter lubang ledak berpengaruh terhadap panjang *stemming*. Untuk menghindari getaran tanah dan batuan terbang (*flyrock*), maka lubang ledak yang berdiameter besar harus

mempunyai *stemming* yang panjang. Sedangkan jika lubang ledak berdiameter kecil maka *stemming* yang digunakan menjadi lebih pendek, agar tidak terjadi bongkah pada hasil peledakan. Jika *stemming* terlalu panjang, maka energi ledakan tidak mampu menghancurkan batuan pada daerah di sekitar *stemming* tersebut.

d) Geometri Peledakan

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

Geometri peledakan adalah faktor rancangan yang dapat dikendalikan. Pada geometri peledakan terdapat parameter-parameter yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan suatu peledakan, diantaranya *burden*, *spacing*, *subdrilling*, *stemming*, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian, diameter lubang ledak dan tinggi jenjang (lihat gambar 2.5).



(Sumber : Kandiawan, 2014)

Gambar 2.5
Geometri Peledakan

a. *Burden (B)*

Burden adalah jarak tegak lurus lubang bor terhadap bidang bebas (*freeface*). Secara teoritis, jika jarak *burden* terlalu kecil akan menghasilkan bongkaran yang terlalu hancur dan tergeser jauh dari dinding jenjang dan kemungkinan terjadinya batu terbang (*flyrock*) akan besar.

Bila jarak *burden* terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi batuan yang kurang baik, karena gelombang tekan yang mencapai bidang bebas menghasilkan gelombang tarik yang sangat lemah dan di bawah kuat tarik batuan, sehingga batuan dalam area *burden* tidak hancur.

Berikut rumus *burden* menurut teori R.L.Ash :

$$B = Kb \cdot \frac{d}{12} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

B = *burden* (ft)

Kb = *burden ratio* (14 – 49 ; harga rata-rata 30)

D = diameter mata bor (inchi)

b. *Spacing (S)*

Spacing adalah jarak antar lubang bor. Jika ukuran *spacing* terlalu besar akan menghasilkan fragmentasi yang tidak baik dan dinding akhir yang ditinggalkan relatif tidak rata, sebaliknya bila *spacing* terlalu kecil maka akan mengakibatkan tekanan yang lebih sekitar *stemming* dan mengakibatkan gas

hasil ledakan dihamburkan ke atmosfer diikuti suara bising (*noise*). 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.

Menurut *R.L. Ash*:

$$S = K_s \times B \dots\dots\dots(2.2)$$

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

$K_s = \textit{Spacing ratio}$ (1-3; rata-rata 1,5)

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

c. Diameter Lubang Ledak (d atau \emptyset)

Ukuran diameter lubang ledak merupakan faktor yang penting dalam merancang suatu peledakan, karena akan mempengaruhi dalam penentuan jarak *burden* dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya. Untuk lubang ledak kecil, energi yang dihasilkan akan kecil, sehingga jarak antar lubang bor (*spacing*) dan jarak ke bidang bebas (*burden*) haruslah kecil juga, dengan maksud agar energi ledakan cukup kuat untuk menghancurkan batuan, begitu pula sebaliknya.

Diameter lubang ledak juga berpengaruh terhadap panjang *stemming*, untuk menghindari getaran maupun batuan

terbang (*flyrock*). Apabila lubang ledak berdiameter besar maka *stemming* harus panjang sedangkan, jika lubang ledak berdiameter kecil maka *stemming* harus pendek juga.

Pemilihan diameter lubang bor tergantung pada tingkat produksi yang diinginkan. Dengan lubang bor yang lebih besar, lebih besar pula tingkat produksi yang dihasilkan. Untuk kontrol desain dengan hasil fragmentasi yang bagus, menurut pengalaman, diameter lubang bor harus berkisar antar 0,5 – 1% dari tinggi jenjang.

$$D = 5 - 10K \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana: D = Diameter lubang bor (mm).

K = Tinggi jenjang (mm).

d. Penyumbat / *Stemming* (T)

Stemming adalah panjang isian lubang ledak yang tidak diisi dengan bahan peledak tapi diisi dengan material seperti tanah liat atau material hasil pengeboran (*cutting*), dimana *stemming* berfungsi untuk mengurung gas yang timbul sehingga *airblast* dan *flyrock* dapat terkontrol, *stemming* yang terlalu panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah karena energi ledakan tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar *stemming* tersebut, *ground vibration* tinggi dan *stemming* yang terlalu pendek bisa mengakibatkan

terjadinya batuan terbang (*flyrock*) dan fragmentasi batuan menjadi lebih kecil.

Menurut *R.L Ash*

$$\mathbf{T = Kt \times B \dots\dots\dots(2.4)}$$

Keterangan : T = *stemming* (ft)

Kt = *stemming ratio* (0,5-1; rata-rata 0,7)

B = *burden* (ft)

e. *Subdrilling* (J)

Subdrilling merupakan panjang lubang bor dibawah lantai jenjang, agar lantai jenjang yang dihasilkan setelah peledakan rata. *Subdrilling* berfungsi untuk membuat lantai jenjang relatif rata setelah peledakan.

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. Besarnya J tergantung dari struktur dan jenis batuan, serta arah lubang bor. Terkadang pada lubang bor yang vertikal juga sering tidak diperlukan adanya *sub-drilling*, misalnya pada *coal stripping* atau *rock quarry* tertentu.

Rumus menurut teori R.L.Ash :

$$\mathbf{J = KJ \times B \dots\dots\dots(2.5)}$$

Dimana: $J = \text{subdrilling (ft)}$

$K_j = \text{subdrilling ratio (rata-rata 0,33)}$

$B = \text{burden (ft)}$

f. Tinggi Jenjang (L)

Tinggi jenjang berhubungan erat dengan parameter geometri peledakan lainnya dan ditentukan terlebih dahulu atau terkadang ditentukan kemudian setelah parameter serta aspek lainnya diketahui. Tinggi jenjang maksimum biasanya dipengaruhi oleh kemampuan alat bor dan ukuran mangkok (*bucket*) serta tinggi jangkauan alat muat. Umumnya pada peledakan *open pit* 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.

Untuk lubang ledak vertikal :

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

Dimana : $H = \text{Kedalaman lubang ledak (m)}$

$L = \text{Tinggi bench (m)}$

$J = \text{Subdrilling (m)}$

Untuk lubang ledak miring,

$$\mathbf{H} = \frac{L}{\cos \alpha} + \mathbf{J} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana: H = Kedalaman lubang ledak (m)

L = Tinggi *bench* (m)

J = *Subdrilling* (m)

g. Kedalaman Lubang Ledak / *Depth Hole* (H)

Dari hasil perhitungan *subdrilling* dan tinggi jenjang dapat ditentukan kedalaman lubang yang harus dibor, formulasi kedalaman lubang ledak.

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

Dimana: H = Kedalaman lubang ledak (m)

L = Tinggi *bench* (m)

J = *Subdrilling* (m)

h. Isian Utama / *Powder Column* (PC)

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

$$\mathbf{PC} = \mathbf{H} - \mathbf{T} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana: PC = Isian Utama (m)

H = Kedalaman lubang ledak (m)

T = *Stemming* (m)

e) Pola Peledakan

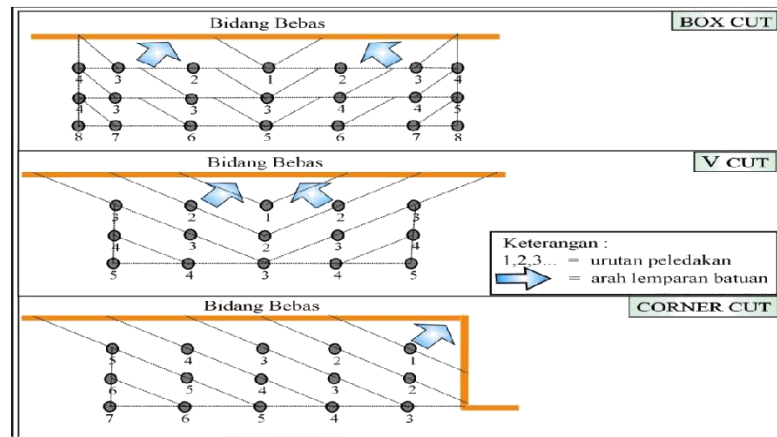
Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang – lubang ledak dalam satu baris dengan lubang ledak pada garis berikutnya ataupun antar lubang ledak satu dengan lainnya. Pola peledakan ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

Berdasarkan arah runtuh batuan (gambar 2.5), pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. *Box Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan dan membentuk kotak.
- b. *V-Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke depan.
- c. *Corner Cut*, yaitu pola peledakan yang arah runtuh batuan ke salah satu sudut dari bidang bebasnya.

Berdasarkan urutan waktu peledakan, pola peledakan diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Pola peledakan serentak adalah suatu pola peledakan yang terjadi secara serentak untuk semua lubang ledak.
- b. Pola peledakan beruntun adalah suatu pola yang menerapkan peledakan dengan waktu tunda antara baris yang satu dengan baris lainnya.



(Sumber : Koesnaryo, 1998)

Gambar 2.6
Pola Peledakan Berdasarkan Arah Runtuhan Batuan

f) Waktu Tunda

Waktu tunda merupakan penundaan waktu peledakan antara baris yang depan dengan baris dibelakangnya atau antar lubang ledak dengan menggunakan *delay detonator*.

Pemakaian detonator tunda dimaksudkan untuk mendapatkan perbedaan waktu peledakan antara dua lubang ledak sehingga diperoleh peledakan secara beruntun.

Keuntungan melakukan peledakan dengan waktu tunda ialah :

- Fragmentasi batuan hasil peledakan akan lebih seragam dan baik
- Mengurangi timbulnya getaran tanah, *flyrock* dan *airblast*.
- Menyediakan bidang bebas baru untuk peledakan berikutnya.
- Arah lemparan dapat diatur.
- Batuan hasil peledakan (*muckpile*) tidak menumpuk terlalu tinggi.

Tujuan penyalan dengan waktu tunda adalah untuk mengurangi jumlah batuan yang meledak dalam waktu yang bersamaan, dan memberikan tenggang waktu pada material yang dekat dengan bidang bebas untuk dapat meledak secara sempurna serta untuk menyediakan ruang atau bidang bebas baru bagi baris lubang ledak berikutnya.

g) Sifat Bahan Peledak

Bahan peledak adalah suatu rakitan yang terdiri dari bahan-bahan berbentuk padat, atau cair, atau campuran keduanya, yang apabila terkena suatu aksi seperti panas, benturan, gesekan, dan sebagainya akan bereaksi dengan kecepatan tinggi, membentuk gas dan menimbulkan efek panas serta tekanan yang sangat tinggi.

Sifat – sifat bahan peledak yang mempengaruhi hasil peledakan antara lain meliputi :

1. Kekuatan (*Strength*)

Kekuatan suatu bahan peledak adalah ukuran yang dipergunakan untuk mengukur energi yang terkandung pada bahan peledak dan kerja yang dapat dilakukan oleh bahan peledak tersebut. Kekuatan dinyatakan dalam persen (%) dengan *Straigth Nitroglycerin Dynamite* sebagai bahan peledak standard yang mempunyai bobot isi (*spesific gravity*) sebesar 1,2 dan kecepatan detonasi (VOD) 12.000 fps (*feet per second*). Pada

umumnya semakin besar bobot isi dan kecepatan detonasi suatu bahan peledak maka kekuatannya juga semakin besar.

2. Kecepatan Detonasi (*Velocity of Detonation* = VOD)

Kecepatan detonasi adalah kecepatan gelombang detonasi yang melalui sepanjang kolom isian bahan peledak, yang dinyatakan dalam meter/detik. Kecepatan detonasi suatu bahan peledak tergantung pada beberapa faktor yaitu bobot isi bahan peledak, diameter bahan peledak, derajat pengurangan, ukuran partikel dari bahan penyusunnya dan bahan-bahan yang terkandung dalam bahan peledak.

Untuk peledakan pada batuan keras digunakan bahan peledak yang mempunyai kecepatan detonasi tinggi sedangkan pada batuan lunak digunakan handak dengan kecepatan detonasi rendah. Kecepatan detonasi bahan peledak komersial adalah antara 1.500 – 8000 m/s.

3. Kepekaan (*Sensitivity*)

Kepekaan adalah ukuran besarnya sifat peka bahan peledak untuk mulai beraksi dan menyebarkan reaksi peledakan ke seluruh isian. Jika diameter bahan peledak cukup besar maka perambatan reaksinya akan lebih mudah karena permukaan bahan peledak lebih luas, sedangkan tingkat pengurangan cenderung memusatkan tenaga reaksinya mengarah sepanjang isian dan menghindari penyebaran tenaga reaksi. Bahan peledak

yang sensitif belum tentu bagus, namun bahan peledak yang mudah penyebaran reaksinya dan tidak peka adalah lebih menguntungkan dan lebih aman.

4. Bobot Isi Bahan Peledak

Bobot isi bahan peledak adalah perbandingan antara berat dan volume bahan peledak, dinyatakan dalam gr/cm^3 . Bobot isi dapat dinyatakan dalam beberapa cara, yaitu:

- a) Berat jenis (SG), tanpa satuan.
- b) *Stick count* (SC), yaitu jumlah dodol ukuran standar 3,175 cm x 20,32 cm yang terdapat dalam satu doos seberat 22,68 kg.
- c) *Loading density* (de), yaitu berat bahan peledak per meter panjang isian yang dinyatakan dalam kg/m.

Pada umumnya bahan peledak yang mempunyai bobot isi tinggi akan menghasilkan kecepatan detonasi dan tekanan yang tinggi.

5. Tekanan Detonasi

Tekanan detonasi adalah penyebaran tekanan gelombang ledakan dalam kolom isian bahan peledak, dinyatakan dengan kilobar (kb). Tekanan akibat ledakan di sekitar dinding lubang ledak intensitasnya tergantung pada jenis bahan peledak (kekuatan, bobot isi, VOD), derajat pengurangan, jumlah dan temperatur gas hasil ledakan. Tekanan akibat ledakan akan

terjadi di sekitar dinding lubang ledak kemudian tersebar ke segala arah. Intensitasnya dipengaruhi oleh :

- a. Jenis bahan peledak (kekuatan, bobot isi, VOD).
- b. Tingkat/derajat pengurangan.
- c. Jumlah dan temperatur gas hasil ledakan.

6. Ketahanan Terhadap Air (*Water Resistance*)

Ketahanan terhadap air suatu bahan peledak adalah kemampuan bahan peledak itu dalam menahan rembesan air dalam waktu tertentu tanpa merusak, mengurangi, merubah kepekaannya. Ketahanan ini dinyatakan dalam jam.

Sifat ini sangat penting dalam kaitannya dengan kondisi kerja, sebab untuk sebagian besar jenis bahan peledak, adanya air dalam lubang ledak mengakibatkan ketidakseimbangan kimia dan memperlambat reaksi pemanasan. Disamping itu, air dapat melarutkan sebagian kandungan bahan peledak sehingga menyebabkan bahan peledak rusak.

7. Sifat Gas Beracun

Bahan peledak yang meledak menghasilkan dua kemungkinan jenis gas, yaitu *smoke* atau *fumes*. *Smoke* tidak berbahaya karena hanya mengandung uap air (H_2O) dan asap berwarna putih (CO_2). Sedangkan *fumes* berwarna kuning dan berbahaya karena sifatnya beracun, yang terdiri dari karbon monoksida (CO) dan oksida nitrogen (NO_x). *Fumes* terjadi

karena tidak terjadi keseimbangan oksigen dalam pembakaran, hal ini dikarenakan bahan peledak tersebut dalam keadaan rusak. Terlepas dari macam bahan peledak yang digunakan, terjadinya *fumes* dapat ditekan sekecil mungkin dengan cara penyimpanan bahan peledak secara benar, pengangkutan yang baik sesuai dengan prosedur dan penyalaan yang sempurna pada waktu menggunakannya.

h) Pengisian Bahan Peledak

Jumlah pemakaian bahan peledak sangat mempengaruhi terhadap hasil peledakan, terutama dengan tingkat fragmentasi yang dihasilkan. Hal yang berpengaruh dalam pengisian bahan peledak dalam lubang ledak yaitu :

1. Konsentrasi Isian (*loading density*)

Konsentrasi isian merupakan jumlah isian bahan peledak yang digunakan dalam kolom isian (PC) lubang ledak. Untuk menghitung lubang ledak maka harus ditentukan dulu jumlah isian bahan peledak tiap meter panjang kolom isian (*loading density*). Untuk menghitung *loading density* dapat digunakan rumusan sebagai berikut :

$$de = 0,508 De^2 (SG) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

de = *loading density* (kg/m)

De = diameter lubang ledak (inchi)

SG = *specific gravity* bahan peledak yang digunakan

Sehingga jumlah bahan peledak yang digunakan dalam satu lubang ledak dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = de \times PC \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

E = jumlah bahan peledak tiap lubang ledak (kg)

De = *loading density* dari bahan peledak yang digunakan (kg/m)

PC = panjang kolom isian (m)

2.4 Powder Factor

Powder factor adalah bilangan yang menyatakan jumlah bahan peledak yang digunakan untuk meledakkan sejumlah batuan. Menurut Koesnaryo (2001) dalam Yudha (2014) *powder factor* adalah suatu bilangan yang menyatakan berat bahan peledak (W) yang digunakan untuk menghancurkan sejumlah batuan (V) dengan satuan (kg/m^3).

Untuk menghitung PF harus diketahui luas daerah yang diledakkan,, panjang muatan dari sebuah lubang tembak, *loading density* dan jumlah lubang ledak.

Atau dengan menggunakan rumus menurut rancangan ICI-*Explosives* sebagai berikut:

$$PF = \frac{\text{Berat Bahan Peledak}}{\text{Volume Batuan}} = \frac{\text{Massa Handak}}{B \times S \times H} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana : $PF = Powder Factor (kg/m^3)$

$B = Burden (m)$

$S = Spasi (m)$

$H = Kedalaman (m)$

2.5 Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam surat keputusannya mencantumkan bahwa getaran adalah gerakan bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik acuan, sedangkan yang dimaksud dengan getaran mekanik adalah getaran yang ditimbulkan oleh sarana dan peralatan kegiatan manusia (Kep. MENLH No: KEP-49/MENLH/11/1996). Pendapat tersebut ditegaskan dalam buku saku Kesehatan dan Keselamatan Kerja dari Sucofindo (2002) yang menyatakan bahwa getaran ialah gerakan oscillatory/bolak-balik suatu massa melalui keadaan setimbang terhadap suatu titik tertentu.

Kegiatan peledakan akan selalu menghasilkan getaran atau gelombang seismik. Tujuan peledakan umumnya adalah untuk memecahkan batuan. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastis batuan. Apabila hal tersebut terjadi maka batuan akan pecah. Proses pemecahan akan berjalan terus sampai energi yang dihasilkan oleh bahan peledak makin lama makin berkurang dan menjadi lebih kecil dari kekuatan batuan, sehingga proses pemecahan batuan berhenti.

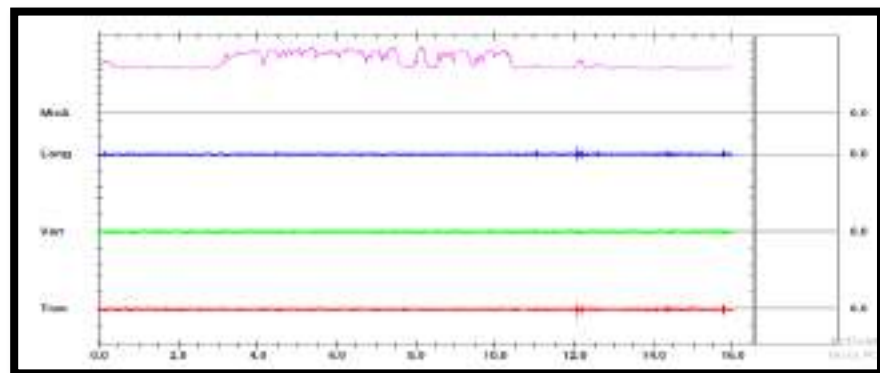
Energi yang tersisa akan menjalar melalui batuan, karena masih di dalam elastisnya. Hal ini akan menghasilkan gelombang seismik.

2.5.1 Faktor Yang Mempengaruhi Getaran

Ground vibration peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan faktor yang tidak dapat dikontrol. Faktor yang dapat dikontrol adalah jumlah muatan bahan peledak perwaktu tunda, jarak dari lokasi peledakan dan waktu tunda (*delay period*). Sedangkan faktor yang tidak dapat dikontrol adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan oleh manusia, seperti karakteristik massa batuan, struktur geologi dan pengaruh air.

2.5.2 Prinsip Pengukuran Getaran

Kegiatan peledakan akan selalu menghasilkan gelombang seismik. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau batas elastis batuan. Apabila hal tersebut terjadi, maka batuan akan pecah. Proses pemecahan akan terus berjalan sampai energi yang dihasilkan oleh bahan peledak semakin berkurang sehingga menghasilkan gelombang seismik (gambar 2.7)



(Sumber : Dokumentasi Kerja Praktik, 2017)

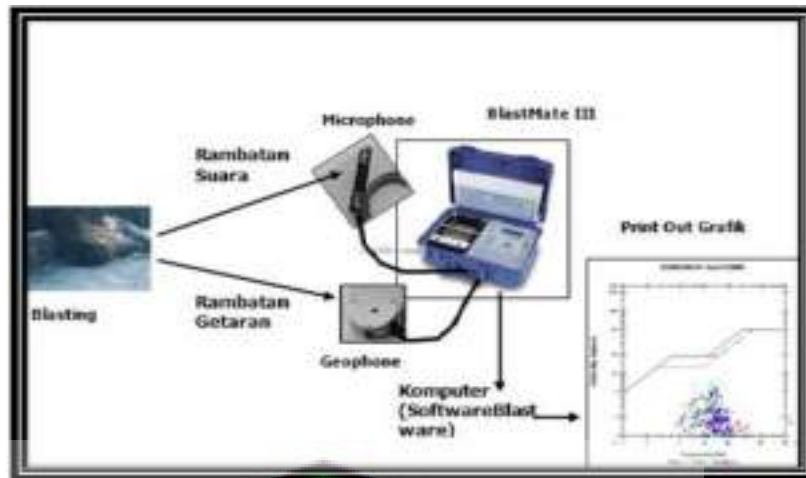
Gambar 2.7
Contoh Rekaman Getaran Tanah Pada Arah
Transversal, Longitudinal dan Vertikal

2.5.3 Alat Pengukur Getaran Tanah

Pengukuran getaran peledakan dilapangan yang digunakan adalah *BlasmateIII*. Sebelum pengukuran, dilakukan pengaturan terlebih dahulu pada *BlasmateIII*. *BlasmateIII* di desain untuk mengukur dan mencatat getaran tanah dengan tepat. Peralatan ini disebut dengan seismograf dan terdiri dari 2 bagian penting, yaitu sensor dan recorder. Kotak sensor mempunyai 3 unit independent sensor yang letaknya saling tegak lurus antara satu unit dengan unit lain. Dua unit terletak horisontal dan saling tegak lurus dan unit yang lain dipasang secara vertikal.

Mekanisme pengukuran getaran adalah :

1. Getaran dan kebisingan peledakan (getaran mekanis) direkam oleh geophone dan microphone, diubah menjadi getaran listrik lalu disimpan di memori.
2. Hasil pengukuran (dalam memori) di download ke komputer dengan menggunakan perangkat lunak berupa *Blastware*.
3. Hasil akhir berupa seismogram yang dapat menampilkan angka-angka besar getaran dan kebisingan serta grafik.
4. Untuk mengetahui besar getaran apakah masih di dalam atau melebihi ambang batas, dapat memilih grafik baku tingkat getaran dari 13 negara yang ada di dalam perangkat lunak.



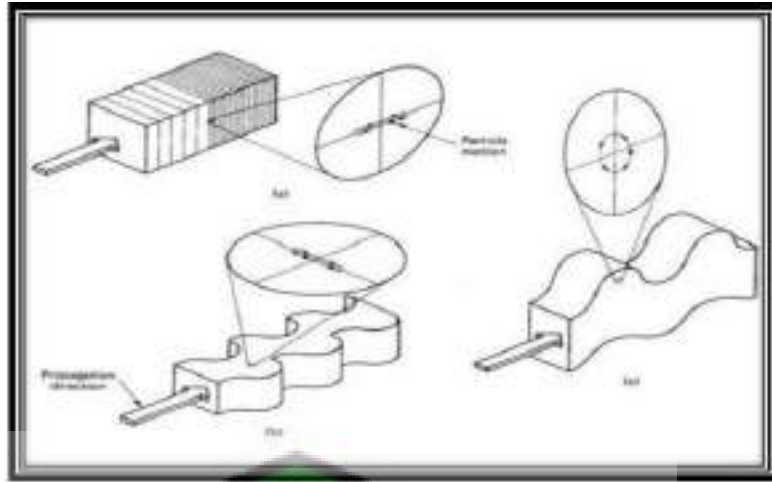
(Sumber : Dwihandoyo Marmer, 2008)

Gambar 2.8
Mekanisme Pengukuran Getaran dan Kebisingan

2.6 Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi disebabkan adanya deformasi struktur, tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisan kerak bumi. Gelombang ini membawa energi kemudian menjalarkan ke segala arah di seluruh bagian bumi dan mampu dicatat. Masing-masing gelombang dapat diartikan sebagai berikut

- a. Gelombang vertikal (V) adalah ekspresi gerakan partikel naik-turun;
- b. Gelombang longitudinal (L) adalah gerakan partikel maju dan mundur pada arah sesuai dengan arah rambatan gelombang yang biasanya bergerak dari sumber ledak ke arah alat perekam;
- c. Gelombang transversal (T) adalah gerakan partikel ke kiri dan kanan atau tegak lurus arah rambatan gelombang.



(Sumber : Dwihandoyo Marmer, 2008)

Gambar 2.9
Variasi Pergerakan Partikel Karena Bentuk
Gelombang Getaran (Dowding 1985) A). Tekan –
Longitudinal, B). Geser – Transversal, C). Reyleigh – Mewakili
Vertikal.

2.7 Kontrol Vibrasi

Tingkat getaran dari hasil peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu jumlah bahan peledak/waktu tunda (*charge weight per delay*) dan jarak pengukuran (*length of delay*). Semakin banyak bahan peledak yang digunakan maka semakin tinggi nilai kecepatan partikel puncak, dan semakin jauh jarak pengukuran peledakan maka semakin rendah nilai partikel puncak. Untuk menentukan hubungan antara faktor-faktor itu dengan tingkat getaran yang dihasilkan maka digunakan konsep berikut :

1. Hukum *Scaled Distance*

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. Harga *scaled distance* yang besar akan lebih aman, karena semakin jauh jaraknya akan lebih aman dibandingkan dengan jarak yang lebih dekat. *Scaled distance* dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\text{Scaled Distance } (Ds) = \frac{d}{W^{0.5}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana : d = Jarak pengukuran (m)

W = Jumlah bahan peledak (kg)

2. Persamaan *Peak Particle Velocity* (PPV)

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 bahan peledak yang dipakai per *delay*.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam usaha menentukan besarnya kecepatan partikel puncak (PPV) yang dihasilkan dalam suatu peledakan maka dapat ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$\text{PPV} = K \left(\frac{D}{W^{(0.5)}} \right)^{-e} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana : PPV = kecepatan partikel/ *peak particle velocity* (mm/s)

W = Isian bahan peledak per delay (kg)

D = Jarak peledakan ke lokasi pengukuran (m)

K = Konstanta terkait dengan kondisi lokasi

e = Eksponen yang terkait lokasi bangunan

Kondisi untuk estimasi K tergantung pada kondisi nilai-nilai konstan sebagai berikut :

1. Untuk yang sangat keras strukturmya atau batu keras, maka $K = 500$
2. Untuk kondisi rata-rata, maka $K = 1140$
3. Untuk kondisi sulit hanya terbatas peledakan dekat lapangan, maka $K = 5000$

Untuk nilai eksponen e massa batuan yang berbeda seperti berikut :

Tabel 2.1 Nilai eksponen e untuk massa batuan berbeda

<i>Rock Mass Type</i>	<i>Value of Exponent e</i>
<i>Granite</i>	2,1 - 2,4
<i>Limestone</i>	2,1
<i>Sediments</i>	2,8
<i>Overburden in coal mines</i>	1,5 - 1,8
<i>Massive Basalt</i>	1,9 - 3,0

(Sumber : Gokhale, 2011 : 540-541)

2.8 Faktor K

Berkaitan dengan penentuan prediksi tingkat getaran tanah (*ground vibration*) terdapat berbagai model matematika untuk menghitung PPV yang akan dihasilkan pada saat kegiatan peledakan. Rumus-rumus tersebut dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut ini.

<i>Name of Predictor Equation</i>	<i>Equation</i>
USBM (Duvall and Fogelson, 1959)	$v = K [R/\sqrt{Q_{max}}]^{-B}$
Ambraseys-Hendron (1968)	$v = K [R/(Q_{max})^{1/3}]^{-B}$
Langefors-Kihlstrom (1978)	$v = K [\sqrt{(Q_{max}/R^{2/3})}]^B$
<i>Indian Standard Predictor</i> (1973)	$v = K [(Q_{max}/R^{2/3})]^B$

(Sumber : Manoj Khandewal, 2007)

Gambar 2.10
Model Matematika Perhitungan Prediksi Getaran Tanah

Dimana, V adalah *Peak Particle Velocity* (mm/s), R adalah jarak dari titik peledakan ke *monitoring*, Q adalah jumlah isian maksimal bahan peledak perwaktu tunda, K adalah konstanta terkait *site specific* dan B adalah eksponen *site* yang pada umumnya dihitung melalui analisis regresi.

Berdasarkan persamaan diatas menunjukkan bahwa nilai konstanta (faktor K) mutlak berpengaruh terhadap perhitungan prediksi tingkat getaran tanah akibat peledakan. Nilai faktor K menunjukkan nilai *site specific* yang merupakan pendekatan matematis yang menyatakan nilai suatu lokasi atau *site* ditinjau dari factor struktur geologi *site* (sesar, kekar dan perlapisan), sifat hantar gelombang batuan atau material, kondisi air tanah dan lain-lain yang terdapat dalam suatu *site* yang dihitung baik secara fisika maupun matematika. Adanya perbedaan kondisi dari setiap *site* menjadikan nilai faktor K pada masing-masing *site* akan berbeda.

Berdasarkan riset yang dilakukan oleh *Department Of Environmental Protection Office Of Explosives and Blasting* di Virginia Barat menyatakan bahwa grafik dan studi statistik merupakan metode terbaik dalam menentukan faktor K *site specific* dalam upaya menghitung prediksi getaran tanah, namun pengambilan data yang digunakan dalam analisis harus dilakukan dengan benar.

Berdasarkan alat pengukur getaran yang ditunjukkan pada Gambar 2.8, getaran tanah akibat peledakan dipantau untuk memperkirakan faktor K spesifik untuk masing-masing *site*. Dari hasil pengukuran getaran tanah yang dihasilkan nilai PPV inilah yang nantinya dijadikan sebagai data untuk menghitung nilai faktor K pada masing-masing *site*.

2.9 Analisis Regresi

Peneliti atau ilmuan dituntut untuk mencari kebenaran secara ilmiah atau berdasarkan ilmu. Dan salah satu fungsi ilmu ialah meramalkan. Fungsi ilmu yang lainnya adalah menggambarkan, mengontrol dan menerangkan.

Berdasarkan fungsi ilmu tersebut, maka jika terdapat dua buah variabel atau lebih, maka sudah sewajarnya kalau peneliti ingin mempelajari bagaimana variabel-variabel itu berhubungan atau dapat diramalkan. Hubungan yang diperoleh biasanya dinyatakan dalam persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Pelajaran yang menyangkut masalah ini disebut analisis

regresi. Hubungan fungsional antara satu variabel prediktor dengan satu variabel kriterium disebut analisis regresi tunggal, sedangkan hubungan fungsional yang lebih dari satu variabel disebut analisis regresi ganda.

2.9.1 Analisis Korelasi

Analisis korelasi ini mengukur korelasi dua buah variabel yaitu variabel bebas (x) dan variabel tidak bebas (y). Pengukuran pada umumnya dilakukan terdiri dari 2 bentuk, yaitu koefisien korelasi dan koefisien determinasi.

a. Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi adalah alat yang membahas tentang derajat hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Dua variabel dikatakan berkorelasi apabila perubahan dalam satu variabel diikuti oleh perubahan variabel lain, baik yang searah maupun tidak. Hubungan antara variabel dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu:

1) Korelasi Positif

Terjadinya korelasi positif apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang sama (berbanding lurus). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka akan diikuti peningkatan variabel lainnya.

2) Korelasi Negatif

Terjadinya korelasi negatif apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah

yang berlawanan (berbanding terbalik). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, maka akan diikuti penurunan variabel lainnya.

3) Korelasi Nihil

Terjadinya korelasi nihil apabila perubahan antara variabel yang satu diikuti oleh variabel lainnya dengan arah yang tidak teratur (acak). Artinya apabila variabel yang satu meningkat, kadang diikuti dengan peningkatan pada variabel lainnya dan kadang diikuti dengan penurunan pada variabel lainnya.

Berdasarkan hubungan antara variabel yang satu dengan variabel lainnya dinyatakan dengan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan "r". Besarnya koefisien korelasi berkisar antara $-1 \leq r \leq +1$. Jika dua variabel berkorelasi negatif maka nilai koefisien korelasinya mendekati -1, jika dua variabel tidak berkorelasi maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati 0, sedangkan jika dua variabel berkorelasi positif maka nilai koefisien korelasinya akan mendekati +1. Variabel-variabel tersebut dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0	Tidak berkorelasi
0,00 - 0,20	Sangat rendah
0,21 - 0,40	Rendah
0,41 - 0,60	Agak rendah
0,61 - 0,80	Cukup
0,81 - 0,99	Tinggi
1	Sangat tinggi

(Sumber: Hussaini Usman dan R.Punomo, 2009)

b. Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi (R^2) merupakan kuadrat dari koefisien korelasi (R) yang menyatakan ukuran banyaknya total variasi variabel y yang dapat dijelaskan secara regresi oleh variabel x . Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0-1 atau bila dinyatakan dalam persen berkisar 1% - 100%. Contoh untuk $R = 0,8$ artinya variabel x memiliki korelasi positif dan hubungan yang kuat dengan variabel y dan $R^2 = 64$ atau 64% diantara keragaman total nilai-nilai y dapat dijelaskan oleh hubungan liniernya dengan nilai-nilai x atau besarnya sumbangan x terhadap naik turunnya y adalah 36%, sedangkan 64% disebabkan oleh faktor lain.

2.10 Standar Vibrasi Peledakan

Standar vibrasi adalah besar/kuat getaran yang diizinkan akibat dari kegiatan peledakan dimana tidak melewati batas aman. Adapun acuan kriteria kerusakan terhadap bangunan berdasarkan SNI pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Standar PPV Berdasarkan Kelas dan Jenis Bangunan

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vector Sum (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi UU benda cagar budaya (UU No.6 tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayudan lantainya diberi adukan semen	3

3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring baik	7-20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja	12-40

(Sumber : SNI 7571, 2010)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian

3.1.1 Profil dan Sejarah Perusahaan

PT. Pamapersada Nusantara (PAMA) adalah anak perusahaan milik PT United Tractors Tbk, distributor kendaraan berat komatsu di Indonesia. PT Astra Internasional Tbk, pemilik saham utama PT United Tractors Tbk, merupakan salah satu perusahaan terbesar dan terkemuka di Indonesia dan sejak tahun 1993 divisi tersebut lepas dari UT dan berganti nama menjadi Pamapersada Nusantara.

PT. Pamapersada Nusantara telah menjadi salah satu kontraktor pertambangan yang dipercaya oleh PT. Kaltim Prima Coal untuk melakukan kegiatan penambangan batubara sejak 2004, sebagai kontraktor, PT. Pamapersada dituntut untuk membangun fasilitas-fasilitas pendukung tambang seperti jalan, *stockpile*, *workshop*, *office*, serta fasilitas pendukung lainnya. Sejak tahun 2004 PT. Pamapersada Nusantara melakukan aktivitas penambangan di beberapa pit di area PT. Kaltim Prima Coal, diantaranya Pit Bendili pada bulan September 2004 sampai April 2007, Pit PSS pada tahun 2010 – tahun 2011, Pit Kancil pada bulan Oktober 2009 – Oktober 2013, Pit Tamara bulan Februari tahun 2012 – September 2013, sedangkan untuk Pit Pelikan pada bulan April 2007 sampai dengan sekarang dan Pit Kangguru pada bulan April 2008 sampai dengan sekarang sedangkan untuk Pit Pelangi

dan Pit Pedayak sejak 2017 sampai dengan sekarang. PT. Pamapersada Nusantara bertanggung jawab terhadap keseluruhan kegiatan operasional penambangan khususnya di area PT. Pamapersada Nusantara dengan target produksi *overburden removed* 135,999 Kbcm, produksi *topsoil* 3,000 Kbcm, produksi batubara 21,306 Kbcm pada tahun 2017.

3.1.2 Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administrasi lokasi penambangan batubara PT. Pamapersada Nusantara *District* Kaltim Prima Coal termasuk pada wilayah Sangatta Utara, Kecamatan Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis PT. Pamapersada Nusantara terletak pada $0^{\circ}14'24''$ - $0^{\circ}22'48''$ Lintang Utara dan $117^{\circ}26'24''$ - $117^{\circ}30'36''$ Bujur Timur.

Untuk mencapai lokasi penelitian di PT. Pamapersada Nusantara utara pusat industri Balikpapan, ± 65 km disebelah utara kota administrasi Bontang dan ± 320 km disebelah selatan Tarakan. Lokasi penambangan terletak di daerah sungai Sangatta dan berjarak ± 20 km. Lokasi ini dapat ditempuh dengan sarana transportasi dari pantai Timur Kalimantan. PT. Pamapersada Nusantara dapat dicapai dengan transportasi udara, selama ± 55 menit dari Palangka Raya menuju Balikpapan. Dan dilanjutkan dari Balikpapan – Samarinda – Kutai Timur – Sangatta dapat ditempuh selama ± 10 jam menggunakan roda 4 (empat) dengan kondisi jalan beraspal. Untuk peta kesampaian daerah penelitian dapat dilihat pada (Lampiran A).

Cekungan Kutai yang termasuk dalam peta geologi lembar sangatta (Sukardi dkk., 1995). Setiap cekungan yang ada di Kalimantan Timur memiliki formasi - formasi pembawa batubara. Daerah Sangatta masuk ke dalam Cekungan Kutai, dimana formasi - formasi pembawa batubara adalah Formasi Pulau Balang, Formasi Balikpapan dan Formasi Kampung Baru. Formasi Balikpapan yang berumur Miosen merupakan formasi pembawa lapisan batubara di daerah Sangatta dan Bengalon. Di daerah Sangatta terdapat dua kelompok potensi batubara utama, yaitu potensi batubara Pinang dan Melawan.

3.2.1 Fisiografi Regional

Cekungan Kutai merupakan salah satu cekungan di Indonesia yang menutupi daerah seluas $\pm 60.000 \text{ km}^2$ dan mengandung endapan berumur tersier dengan ketebalan mencapai 14 km (Rose dan Hartono, 1971 op.cit. Mora dkk., 2001). Cekungan ini merupakan terbesar dan terdalam di Indonesia bagian Timur. Cekungan dibatasi dibagian Utara oleh suatu daerah Tinggian batuan dasar yang terjadi pada kala Oligosen (Chambers dan Moss, 2000) yaitu tinggian Mangkalihat dan sesar Sangkulirang yang memisahkannya dengan cekungan Tarakan. Di bagian timur daerah cekungan ini, terdapat Delta Mahakam yang terbuka ke Selat Makassar. Di bagian barat, cekungan dibatasi oleh daerah tinggian Kuching (Central Kalimantan Ranges) yang berumur kapur (Chambers dan Moss, 2000).

3.2.2 Stratigrafi Regional

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Sangatta (Sukardi dkk., membagi satuan lithostratigrafi daerah Kutai Timur menjadi 6 (enam) formasi dengan urutan dari tua ke yang muda adalah sebagai berikut:

1. Formasi Pamaluan (Tmp)

Batulempung dengan sisipan tipis napal, batupasir dan batubara. Bagian atas terdiri dari batulempung pasiran yang mengandung sisa tumbuhan dan beberapa lapisan tipis batubara. Berumur Miosen Awal.

2. Formasi Pulau Balang (Tmpb)

Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, setempat bersisipan tipis lignit, batugamping atau batupasir gampingan. Berumur Miosen Awal – Miosen Tengah.

3. Formasi Maluwi (Tmma)

Formasi ini tersusun oleh litologi batulempung pasiran, dengan sisipan napal, serpih kelabu, serpih pasiran sedikit karbonan, kearah atas berangsur menjadi batugamping dengan sisipan napal dan batulempung kelabu kecokelatan, dibanyak tempat formasi ini berumur Miosen Tengah bagian bawah (Hanzawa dan None, 1949).

4. Formasi Balikpapan (Tmbp)

Batupasir, batulempung, lanau, tuf dan batubara. Pada perselingan batupasir, kuarsa, batulempung dan batulanau memperlihatkan struktur silang siur. Batulempung berwarna kelabu,

getas, mengandung muskovit, bitumen dan oksida besi. Umur formasi ini Miosen Tengah - Miosen Akhir.

5. Formasi Kampungbaru (TmPk)

Batulempung pasiran, batupasir dengan sisipan batubara dan tuf, setempat mengandung lapisan tipis oksida besi dan bintal limonit.

6. Endapan Aluvial (Qal)

Material lepas berupa lempung dan lanau, pasir, lumpur, dan kerikil, merupakan endapan pantai, rawa, dan sungai.

3.2.3 Struktur Geologi Regional

Struktur perlipatan dengan orientasi sumbu timur - barat terbentuk lebih dulu dibandingkan dengan struktur perlipatan dengan orientasi sumbu sejajar sinklin Lembak, walaupun struktur perlipatan yang kedua ini dipengaruhi oleh struktur perlipatan regional yang dijumpai di cekungan Kutai dan merupakan ciri yang dapat dipakai untuk menentukan batas ekonomis endapan batubara di cekungan Kutai.

3.3 Geologi Daerah Penelitian

Daerah Sangatta terletak diantara delta Mahakam dan tinggian Mangkalihat yang merupakan Cekungan Kutai bagian utara. Berdasarkan hasil analisis dari formasi Balikpapan di daerah Sangatta, dapat disimpulkan bahwa sistem delta di Sangatta merupakan perkembangan delta tersendiri, yang berkembang dibagian utara cekungan Kutai dan terpisah dari sistem delta Mahakam purba di bagian selatan (Snedden dkk., 1996; op.cit. Setiadi,

2008). Di sebelah barat cekungan terjadi pengangkatan yang disertai erosi yang menyebabkan di daerah timurlaut (sekitar Sangatta) terjadi sedimentasi, sebaliknya jika pengangkatan di sebelah barat berkurang intensitasnya maka terjadi transgresi dari timurlaut berlangsung ke arah barat.

3.3.1 Morfologi Daerah Penelitian

Secara umum daerah PT. Pamapersada Nusantara *District* KPCS mempunyai topografi yang bervariasi mulai dari dataran rendah hingga perbukitan, akan tetapi daerah penelitian didominasi oleh perbukitan bergelombang dengan elevasi tertinggi mencapai ± 330 meter di atas permukaan laut. Pada daerah penelitian banyak dijumpai vegetasi yang sebagai besar merupakan tumbuhan hutan tropika dan semak belukar.

Daerah penelitian merupakan daerah konsesi pertambangan milik PT. KPC yang dinamakan Pit Kanguru. Secara umum, kondisi relief muka bumi di daerah ini terdiri dari morfologi alamiah yakni asli yang dibentuk oleh proses alam (tenaga eksogen dan endogen) dan morfologi buatan manusia (*anthropogenic morphology*).

3.3.2 Litologi Daerah Penelitian

Daerah Sangatta terletak diantara Delta Mahakam dan Tinggian Mangkalihat yang merupakan Cekungan Kutai bagian utara. Berdasarkan hasil analisis dari Formasi Balikpapan di daerah Sangatta, dapat disimpulkan bahwa sistem delta di Sangatta merupakan perkembangan delta tersendiri, yang berkembang di bagian utara Cekungan Kutai dan terpisah

dari sitem Delta Mahakam purba di bagian selatan (Snedden dkk., 1996; op.cit. Setiadi, 2008). Di sebelah barat cekungan terjadi pengangkatan yang disertai erosi yang menyebabkan di daerah timurlaut (sekitar Sangatta) terjadi sedimentasi, sebaliknya jika pengangkatan di sebelah barat berkurang intensitasnya maka terjadi transgresi dari timurlaut berlangsung ke arah barat.

3.3.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Secara umum jenis struktur utama yang dijumpai pada wilayah kerja PT. Kaltim Prima Coal yaitu kubah Pinang (*Pinang Dome*), struktur perlipatan kuat dengan penunjaman ke arah utara dengan sumbu utara - selatan, struktur perlipatan menengah dengan orientasi sumbu timur - barat, serta beberapa struktur sesar pasca sedimentasi.

3.4 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa alat dan bahan yang dapat menunjang pengambilan data. Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah :

- Helm, Masker
- Rompi (*Safety Vest*), *Safety Boots*
- Alat tulis, kalkulator, kamera
- Laptop dan *software* peledakan
- Blastmate^{III}
- Perlengkapan pendukung lainnya

3.5 Tata Laksana Penelitian

3.5.1 Langkah Kerja

Langkah – Langkah yang harus dilakukan dalam penelitian skripsi ini meliputi :

1. Tahapan Persiapan

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan usulan penelitian skripsi dan mempelajari buku-buku literatur yang berkaitan dengan penelitian, selanjutnya melakukan studi lapangan yang berhubungan dengan data penelitian.

2. Tahapan Pengumpulan Data

Penyusunan data penelitian skripsi ini dilakukan dengan pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan penelitian secara langsung dilapangan dan wawancara langsung dengan pembimbing lapangan/karyawan yang ada di perusahaan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari perusahaan meliputi pengumpulan keadaan geologi daerah penelitian, peta-peta lokasi penelitian dan lain-lain.

Adapun data primer dalam penelitian ini adalah :

- a. Geometri aktual di lapangan
- b. Data penggunaan bahan peledak
- c. Volume overburden yang terbongkar
- d. Nilai getaran aktual dari tiap peledakan

Adapun data sekunder dalam penelitian ini adalah :

- a. Profil perusahaan
- b. Data-data dan peta geologi regional dan daerah penelitian.
- c. Peta topografi

3. Tahap Pengolahan Data

- a. Melakukan pengambilan data volume material dan jumlah bahan peledak yang digunakan untuk mendapatkan nilai *powder factor*.
- b. Melakukan pengukuran pada lokasi peledakan dengan posisi di depan *office* Pamapersada Nusantara.
- c. Menganalisis nilai faktor K dengan melakukan perhitungan dengan menggunakan penjabaran rumus *scaled distance* yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai rata-rata faktor K tiap lokasi peledakan.
- d. Analisis faktor K dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel*.
- e. Setelah dilakukan analisis faktor K, maka dilakukan perhitungan prediksi getaran untuk jarak dan nilai *powder factor* yang berbeda-beda.
- f. Selanjutnya dibuat grafik yang menyatakan analisis perbandingan nilai *powder factor* dengan *peak particle velocity*.
- g. Mengambil kesimpulan dari hasil penelitian dan disusun menjadi sebuah laporan sebagai tanda pertanggung jawaban selama penelitian.

4. Tahapan Penyusunan Laporan Hasil Skripsi

Hasil dari data keseluruhan dirangkum ke dalam laporan tertulis untuk di pertanggung jawabkan dalam bentuk laporan penelitian skripsi.

3.5.2 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metode kuantitatif adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena hubungannya. Sedangkan penelitian kualitatif merupakan metode penelitian yang berusaha menggambarkan dan menginterpretasi objek sesuai dengan apa adanya. Penelitian kualitatif lebih dominan menggunakan teknik analisis mendalam, yaitu mengkaji masalah secara kasus perkasus.

Metode pengambilan data yang akan digunakan sebagai referensi penyusunan laporan skripsi antara lain :

1. Metode Langsung (*Direct*)

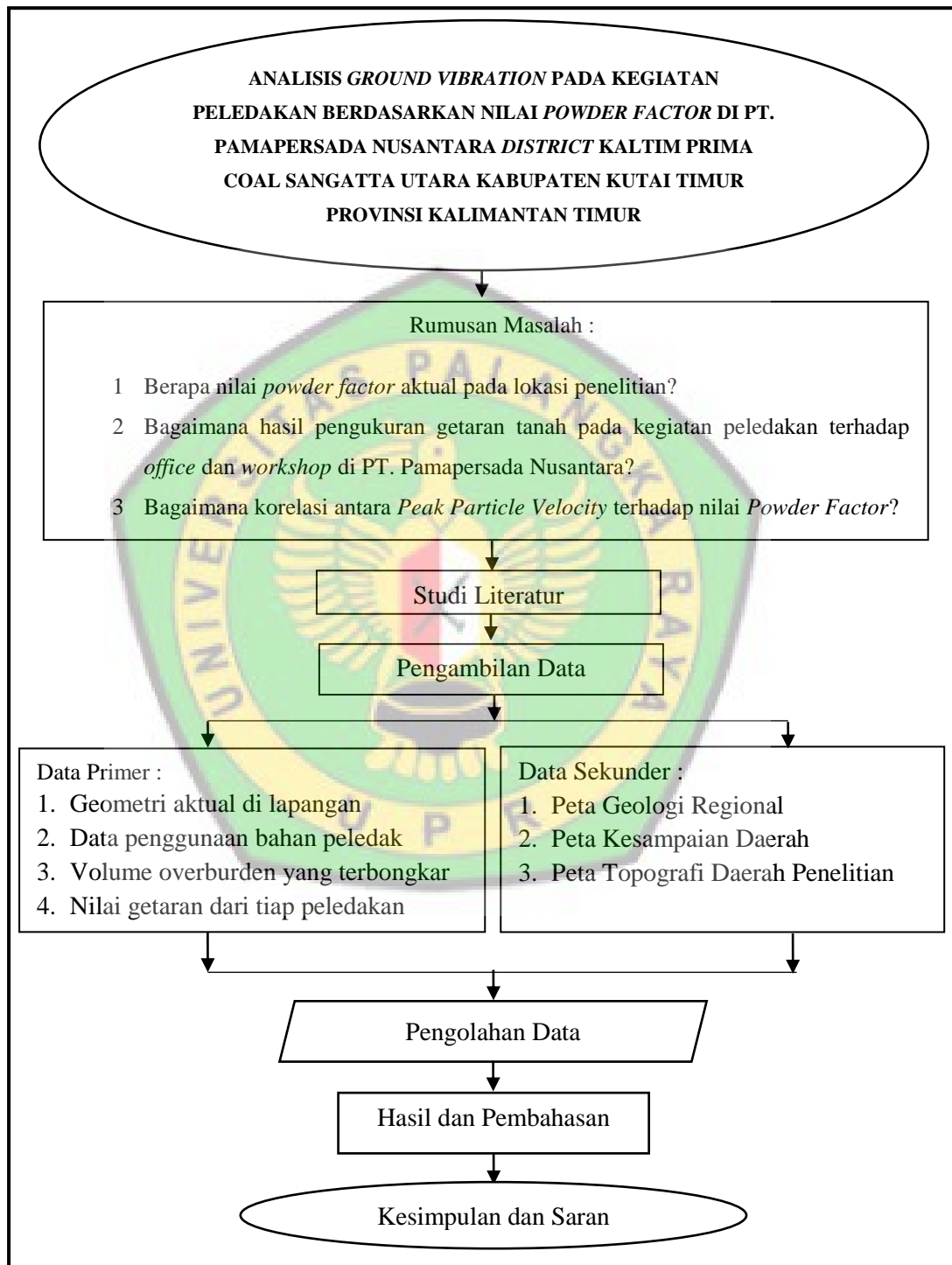
Metode yang dilakukan dengan menganalisis langsung dari lapangan dengan pengumpulan data-data primer, seperti pengenalan lapangan, perhitungan *powder factor*, pengukuran getaran tanah dan nilai factor K yang digunakan.

2. Metode Tidak Langsung (*Indirect*)

Metode ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data sekunder, seperti profil perusahaan, peta-peta perusahaan, kondisi geologi dan pengambilan literature dari beberapa sumber pustaka yang berkaitan dengan kegiatan penelitian.

3.5.3 Bagan Alir Penelitian

Langkah yang dilakukan untuk pengambilan dan analisis data dapat dilihat pada bagan alir berikut ini :



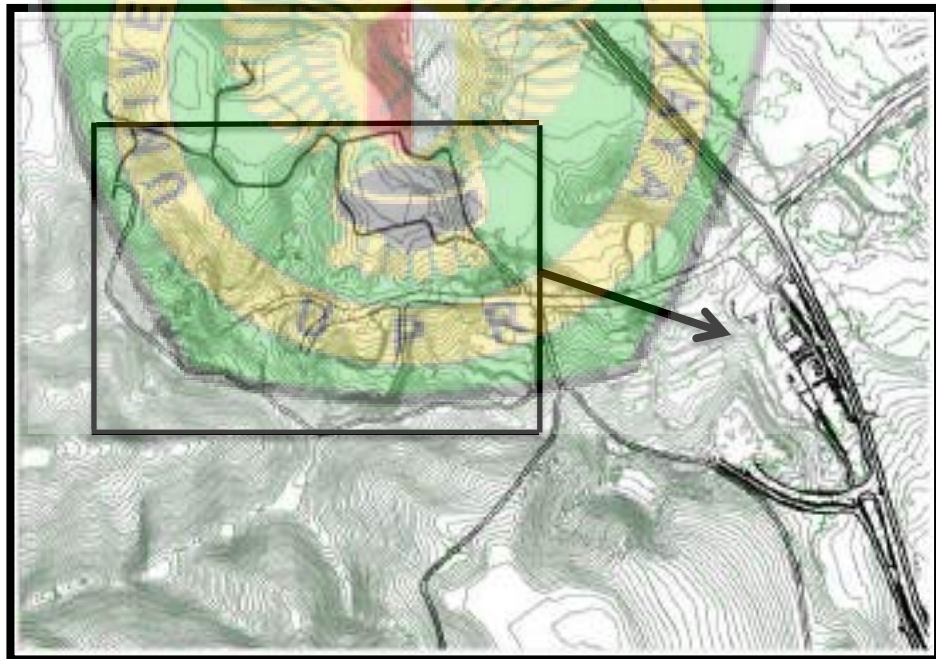
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Kegiatan peledakan pada Pit Pelangi hanya dilakukan satu kali peledakan dalam satu minggu, akan tetapi dalam satu kali peledakan biasa dilaksanakan dua lokasi peledakan dengan lokasi yang berdekatan. Lokasi penelitian berada di Pit Pelangi dan untuk kegiatan pemantauan dampak peledakan lapisan tanah berada pada daerah *office* dan *workshop* PT. Pamapersada Nusantara dengan jarak ± 1100 meter dari lokasi peledakan.



(Sumber: PT. Pamapersada Nusantara, 2018)

Gambar 4.1
Sketsa Topografi Lokasi Penelitian terhadap area *Office* dan *Workshop*



(Sumber : Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Gambar 4.2
Lokasi Monitoring Dampak Peledakan di Area *Office*

4.1.1 *Powder Factor*

Powder factor adalah perbandingan jumlah penggunaan bahan peledak dengan jumlah volume bongkaran. Nilai *powder factor* yang ditetapkan perusahaan ialah $0,22 \text{ kg/m}^3$.

Tabel 4.1 *Powder Factor* Aktual di Lokasi Penelitian

No	Tanggal	B	S	H	T	PC	Jumlah Lubang Ledak	<i>de</i>	Emulsi/lbg	Jumlah Handak (kg)	Volume Peledakan (m ³)	<i>Powder Factor</i>
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		(kg/m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/m ³)
1	22-Sep-18	7	8,5	6,09	3,5	2,5	59	35,17	88	5187	21379	0,24
2	28-Sep-18	8	8,8	5,70	3,5	2,5	84	35,17	88	7385	33708	0,22
3	01-Oct-18	7,5	8,5	6,21	3,5	2,5	151	35,17	88	13276	59779	0,22
4	06-Oct-18	8	9	5,92	3,5	2,5	119	35,17	88	10462	50723	0,21
5	14-Oct-18	7,8	9	5,80	3,5	2,5	153	35,17	88	13452	62295	0,22
6	19-Oct-18	8	9	6,43	4,0	3,0	121	35,17	105	12766	56018	0,23
7	26-Oct-18	7	8	6,32	3,5	2,5	171	35,17	88	15034	60520	0,25
8	04-Nov-18	8	9	6,93	4,0	3,0	110	35,17	105	11605	54886	0,21

4.1.2 Hasil Pengukuran Getaran

4.1.2.1 Geometri Peledakan

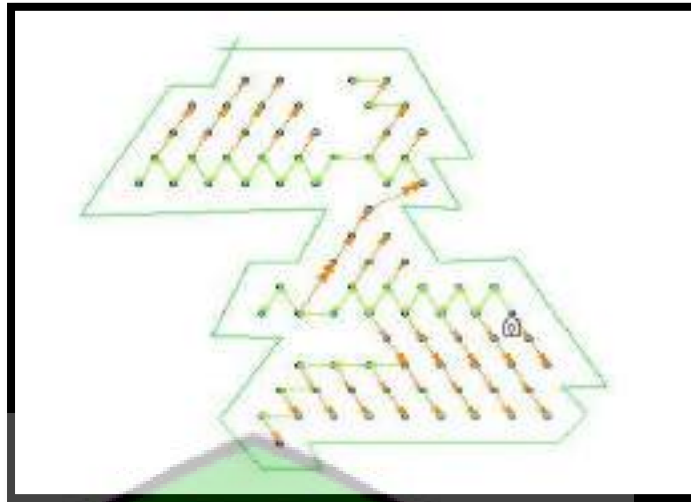
Geometri peledakan merupakan suatu rancangan yang diterapkan pada suatu peledakan yang meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, *powder charge* dan kedalaman lubang ledak. Berdasarkan hasil pengamatan kegiatan peledakan di lapangan, maka diketahui geometri rata-rata yang diterapkan oleh perusahaan pada saat penelitian.

Tabel 4.2 Geometri Aktual Lokasi Penelitian

No	Tanggal	B	S	H	T	PC	Jumlah Lubang Ledak
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
1	22-Sep-18	7	8,5	6,09	3,5	2,5	59
2	28-Sep-18	8	8,8	5,70	3,5	2,5	84
3	01-Oct-18	7,5	8,5	6,21	3,5	2,5	151
4	06-Oct-18	8	9	5,92	3,5	2,5	119
5	14-Oct-18	7,8	9	5,80	3,5	2,5	153
6	19-Oct-18	8	9	6,43	4,0	3,0	121
7	26-Oct-18	7	8	6,32	3,5	2,5	171
8	04-Nov-18	8	9	6,93	4,0	3,0	110

4.1.2.2 Pola Peledakan dan Waktu Tunda

Metode peledakan yang diterapkan pada tambang PT. Pamapersada Nusantara adalah metode *non-electric* (nonel). Pola peledakan yang diterapkan adalah pola beruntun antar lubang dengan *surface delay* 109 ms dan 176 ms dengan *in-hole delay* 500 ms. Tetapi pada proses penyalaan awal menggunakan *blasting machine* yang meledakkan detonator listrik pada *initial point*. Berdasarkan arah runtuhannya, pola peledakan yang diterapkan di lapangan adalah pola peledakan *Box-Cut* (Gambar 4.3).



(Sumber: Dokumentasi Tugas Akhir, 2018)

Gambar 4.3
Pola *Box-Cut*

4.1.2.3 Pemakaian Bahan Peledak, Peralatan dan Perlengkapan Peledakan

Bahan peledak yang digunakan adalah Emulsi dengan menggunakan campuran 70% Emulsi + 30% AN Dry. Memiliki kecepatan detonasi >5300m/s dan berat jenis 1,15 gr/cm³.

Peralatan peledakan adalah alat-alat yang diperlukan untuk mempersiapkan area, menguji dan menyalakan rangkaian peledakan sehingga alat-alat tersebut dapat dipakai berulang-ulang. Adapun alat-alat yang digunakan adalah rambu peledakan, pita ukur, *sign in and sign out*, cangkul, *Mobile Mixing Unit (MMU)*, *BlastmateIII*, *Shot-Gun*, *Handy Talk*.

Perlengkapan peledakan adalah material yang diperlukan untuk membuat rangkaian peledakan sehingga isian bahan peledak dapat dinyalakan dan sebagai pendukung kegiatan. Perlengkapan peledakan hanya bias digunakan sekali saja, seperti *booster*, *surface delay detonator*,

in-hole delay, pita informasi, kabel penghubung (*Lead In Line*), *safety line* dan patok.

4.1.2.4 Konsentrasi Isian (*Loading Density*)

Loading Density yaitu berat bahan peledak per meter kedalaman. Pada kegiatan peledakan di PT. Pamapersada Nusantara, *loading density* rata-rata sebesar 35,17 kg/m dan besarnya berat bahan peledak yang diisikan rata-rata tiap lubang yaitu 88 kg. Dimana dalam proses pengisian bahan peledakan dilakukan menggunakan *Mobile Mixing Unit* (MMU) dan untuk *stemming* menggunakan tenaga manusia dibantu dengan peralatan sederhana seperti cangkul.

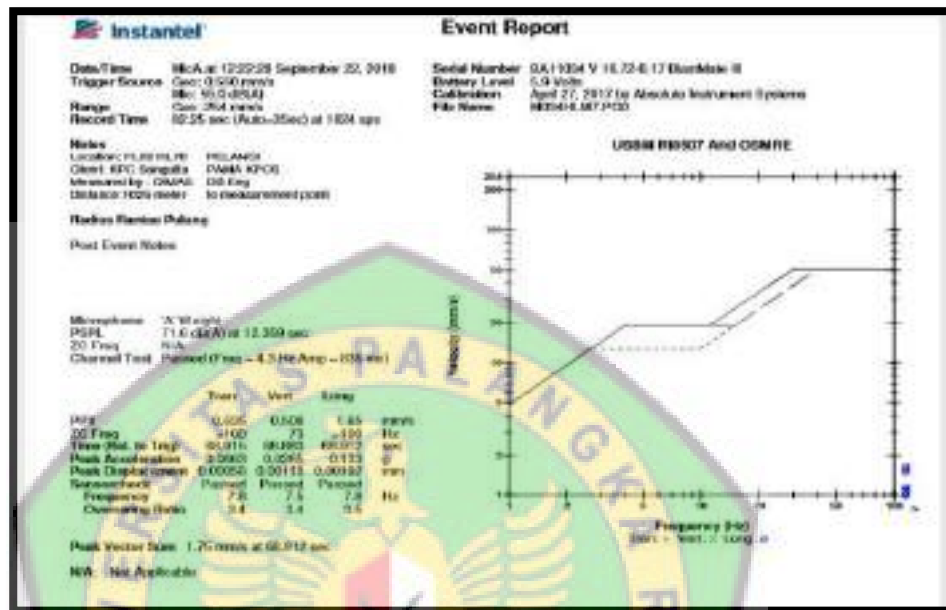
4.1.2.5 Hasil Pengukuran Getaran Tanah

Hasil pengukuran getaran tanah aktual selama penelitian skripsi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Getaran

No	Tanggal	Jarak Pengukuran (m)	Isian/Delay (kg)	Gelombang (mm/s)			<i>Scaled Distance</i> (m/kg)	PPV Aktual (mm/s)
				Trans	Vert	Long		
1	22-Sep-18	1025	176	0,635	0,508	1,650	77,262	1.750
2	28-Sep-18	1251	110	0,508	0,508	0,762	119,278	0,950
3	01-Oct-18	1138	88	0,794	0,635	0,635	121,311	0,912
4	06-Oct-18	1462	110	0,508	0,508	0,635	139,396	0,696
5	14-Oct-18	1568	216	1,020	0,635	0,635	106,689	1,150
6	19-Oct-18	1491	145	0,635	0,635	0,635	123,821	0,898
7	26-Oct-18	1290	264	1,290	1,210	1,710	79,394	1,760
8	04-Nov-18	1238	105	0,778	0,619	0,556	120,816	0,795

Pengukuran getaran tanah dilakukan menggunakan alat *blastmateIII* dan dikombinasikan dengan program *blastware* untuk mengolah data hasil pengukuran. Berikut salah satu contoh hasil rekaman *blastmateIII* :

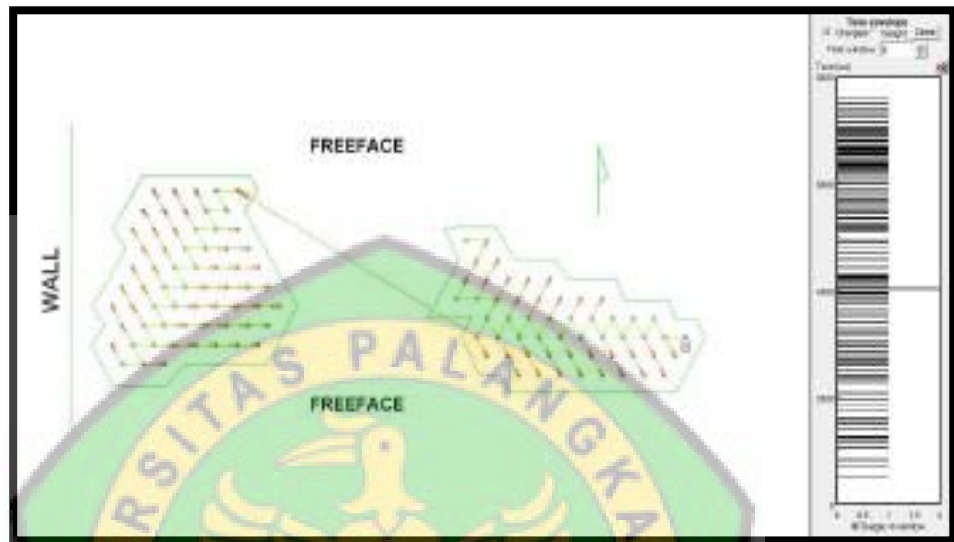


(Sumber : PT. Pamapersada Nusantara, 2018)

Gambar 4.4
Salah Satu Contoh Hasil Rekaman *BlastmateIII*

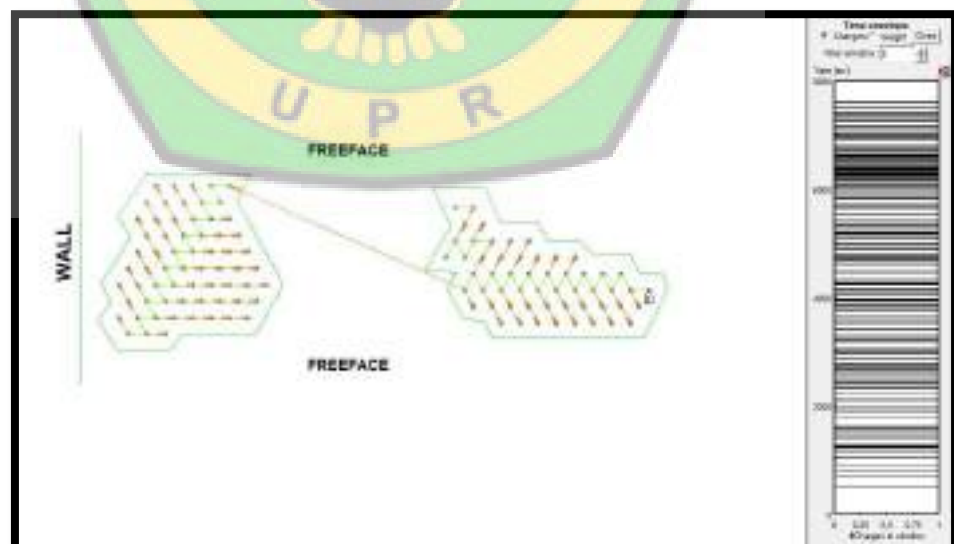
Pada saat peledakan, lubang-lubang ledak yang diledakkan diusahakan tidak meledak secara bersamaan karena akan berdampak terhadap besarnya nilai getaran peledakan. Oleh sebab itu, rangkaian *surface delay* peledakan dianalisis dengan menggunakan simulasi peledakan pada aplikasi *Shotplus-i* menu bar *calculations (time envelope)* untuk mengetahui lubang ledak bersamaan. Pada gambar 4.5, diketahui bahwa pada kegiatan peledakan masih ditemukan ada lubang yang meledak bersamaan yang dapat mempengaruhi besarnya getaran peledakan. Sedangkan pada gambar 4.6, tidak ditemukan lubang yang

meledak bersamaan, dibuktikan dari *time envelope* pada *software ShotPlus-i*. Dimana simulasi rangkaian *surface delay* peledakan sebagai berikut:



(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2018)

Gambar 4.5
Simulasi *ShotPlus-i* Untuk Lubang Ledak Bersamaan

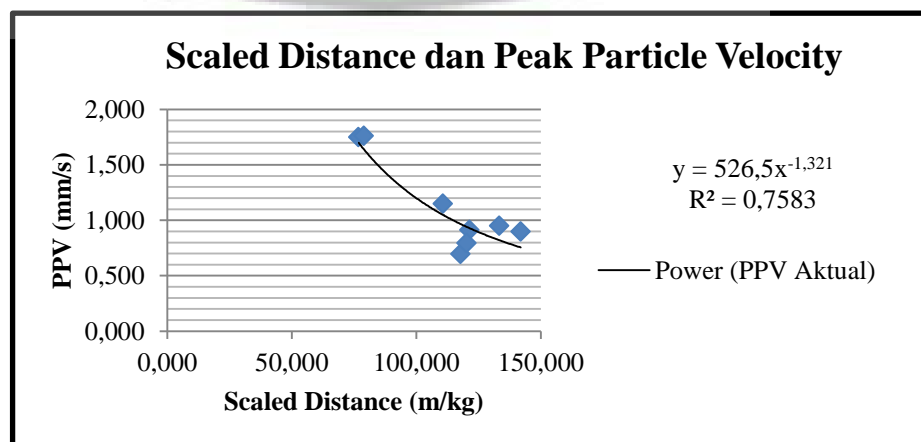


(Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2018)

Gambar 4.6
Simulasi *Shotplus-i* Untuk Lubang Tidak Meledak Bersamaan

Dari tabel 4.3 hasil pengukuran getaran peledakan, bahwa ada faktor dominan yang mempengaruhi nilai PPV 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 Pelangi PT. Pamapersada Nusantara *district* Kaltim Prima Coal dari analisis simulasi *tie up* bahwa masih ditemukan lubang yang meledak secara bersamaan sehingga mempengaruhi nilai getaran, yaitu 6 dari 8 peledakan mengalami peledakan 2 hingga 3 lubang secara bersamaan. Untuk itu dilakukan upaya perbaikan perangkaian peledakan agar tidak ditemukan lagi lubang ledak bersamaan (Lampiran E).

Dari pembacaan alat *blastmateIII*, didapat data pada tabel 4.3 sehingga *Peak Particle Velocity* (PPV) dan *Scaled Distance* (SD) dapat dianalisis dengan menggunakan regresi *non-linear* (regresi *power*) pada perangkat lunak *Microsoft Office Excel*, untuk mendapatkan persamaan rumus hubungan antara *Peak Particle Velocity* (PPV) dan *Scaled Distance* (SD). Hasil analisis regresi *power* dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7

Grafik Hubungan *Scaled Distance* dan *Peak Particle Velocity*

4.1.3 Hubungan *Peak Particle Velocity* Berdasarkan Nilai *Powder Factor*

Penerapan metode perhitungan prediksi yaitu menentukan nilai *Peak Particle Velocity* menggunakan rumus *scaled distance* menunjukkan parameter Faktor K dan eksponen sebagai parameter yang mempengaruhi tingkat prediksi. Sebelumnya dilakukan analisis Faktor K untuk tiap-tiap lokasi sebagai acuan kedepan dalam melakukan peledakan dengan nilai Faktor K masing-masing.

4.1.3.1 Analisis Faktor K

Metode statistik ini dilakukan dengan melakukan penjabaran rumus untuk mendapatkan hubungan antara *Peak Particle Velocity* dan *Powder Factor* yaitu sebagai berikut :

$$PPV = K \left(\frac{D}{W^{(0,5)}} \right)^{-e} \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan $W = PF \times V$ (untuk tiap 1 lubang ledak), sehingga,

$$PPV = K \left(\frac{D}{(PF \times V)^{(0,5)}} \right)^{-e} \dots\dots\dots(4.2)$$

Setelah dilakukan penjabaran, untuk dapat menghitung faktor K digunakan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{PPV \times (PF \times V)^{-0,5e}}{D^{-e}} \dots\dots\dots(4.3)$$

Dari data hasil pengukuran langsung di lapangan pada tanggal 22 September 2018, diketahui :

- *Peak Particle Velocity* (PPV) = 1,750 mm/s
- *Powder Factor* (PF) = 0,24

- Eksponen (e) = 1,579
- Spasing (S) = 8,5 m
- Distance (D) = 1025 m
- Burden (B) = 7 meter
- Kedalaman Lubang Ledak (H) = 6,09 meter
- Volume terberai (B x S x H) = 362,355 m³

Penyelesaian :

$$K = \frac{PPV \times (PF \times V)^{-0,5e}}{D^{-e}} = \frac{1,750 \times (0,24 \times 362,355)^{-0,5(1,579)}}{1025^{-1,579}} = 1675,48$$

Berikut nilai faktor K tiap lokasi peledakan setelah dilakukan perhitungan melalui *Microsoft Exel* dari penjabaran rumus *peak particle velocity* (PPV) dan *scaled distance* (SD), antara lain:

Tabel 4.4 Perhitungan Faktor K

NO	Tanggal Pengamatan	Distance	Burden	Spasing	Depth Hole	Jumlah Lubang Ledak	Charge Weight (kg)	Charge perdelay (kg)	Powder factor (kg/m3)	Scaled Distance	Aktual (mm/s)	e	Faktor K
		(m)	(m)	(m)	(m)								
1	22-Sep-18	1025	7	8,5	6,09	59	88	176	0,24	77,262	1,750	1,579	1675,5
2	28-Sep-18	1251	8	8,8	5,70	84	88	110	0,22	119,278	0,950	1,579	1805,6
3	01-Oct-18	1138	7,5	8,5	6,21	151	88	88	0,22	121,311	0,912	1,579	1780,2
4	06-Oct-18	1462	8	9	5,92	119	88	110	0,21	139,396	0,696	1,579	1691,9
5	14-Oct-18	1568	7,8	9	5,80	153	88	216	0,22	106,689	1,150	1,579	1832,7
6	19-Oct-18	1491	8	9	6,43	121	105	145	0,23	123,821	0,898	1,579	1810,5
7	26-Oct-18	1290	7	8	6,32	171	88	264	0,25	79,394	1,760	1,579	1759,0
8	04-Nov-18	1238	8	9	6,93	110	105	105	0,21	120,816	0,795	1,579	1541,9

Dari tabel 4.4 menunjukkan nilai faktor K pada tiap lokasi peledakan berbeda-beda. Adanya perbedaan kondisi dari setiap lokasi menjadikan nilai Faktor K berbeda seperti ditinjau dari faktor struktur geologi lokasi peledakan (sesar, kekar dan perlapisan), sifat hantar gelombang, kondisi air tanah dan sifat lainnya yang dihitung baik secara fisika maupun matematika.

Dari tabel 4.4 perhitungan nilai Faktor K juga dapat ditarik hubungan antara *peak particle velocity* dan *powder factor* dengan menggunakan masing-masing dari nilai Faktor K dan nilai *powder factor* yang juga berbeda-beda (Lampiran F).

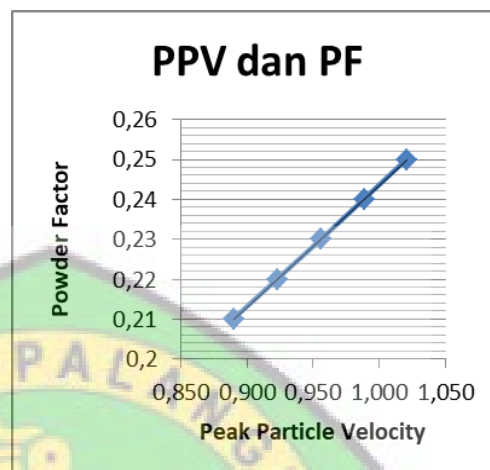
Sebagai contoh untuk Faktor K = 1541,9 tanggal 04 November 2018 pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Nilai *Peak Particle Velocity* untuk nilai K = 1541,9

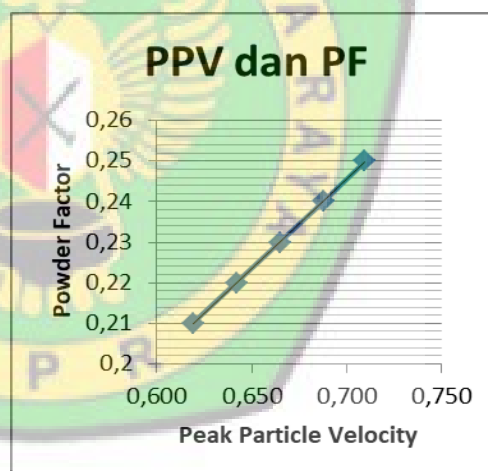
No	<i>Burden</i>	<i>Spasing</i>	<i>Kedalaman</i>	<i>Faktor K</i>	<i>Powder Factor</i>	<i>Jarak Pengukuran</i>	<i>Peak Particle Velocity</i>
	(m)	(m)	(m)		(kg/m ³)	(m)	(mm/s)
1	7,5	8,5	6,2	1541,9	0,21	1025	0,890
					0,21	1290	0,619
					0,21	1568	0,455
2	7,5	8,5	6,2	1541,9	0,22	1025	0,923
					0,22	1290	0,642
					0,22	1568	0,472
3	7,5	8,5	6,2	1541,9	0,23	1025	0,956
					0,23	1290	0,665
					0,23	1568	0,489
4	7,5	8,5	6,2	1541,9	0,24	1025	0,989
					0,24	1290	0,688
					0,24	1568	0,505
5	7,5	8,5	6,2	1541,9	0,25	1025	1,021
					0,25	1290	0,710
					0,25	1568	0,522

Dari tabel 4.5 dapat ditarik grafik dari setiap pengelompokan untuk jarak yang sama namun dengan nilai *Powder Factor* dan *Peak Particle Velocity* yang berbeda seperti sebagai berikut :

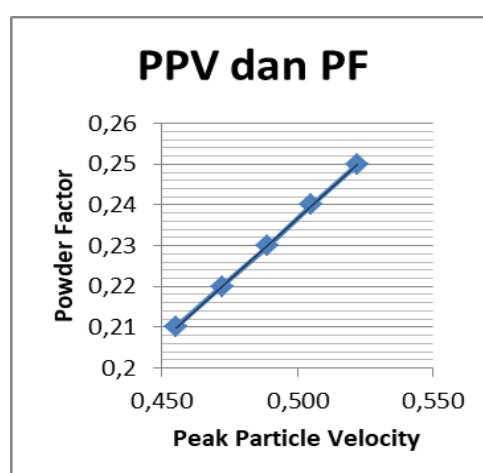
1. Pada jarak 1025 m :



2. Pada jarak 1290 m :



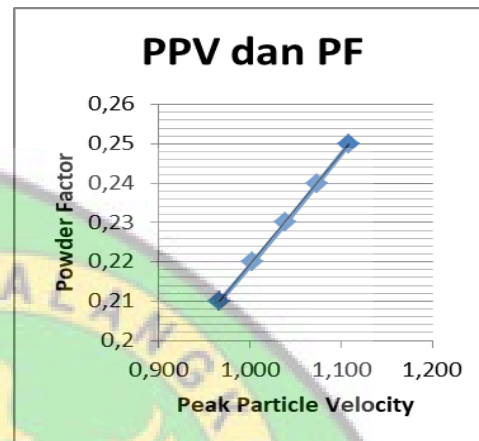
3. Pada jarak 1568 m :



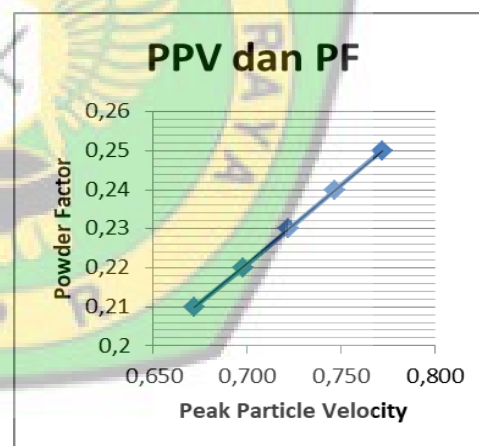
Berdasarkan tabel 4.5 nilai Faktor K yang berbeda-beda, maka dapat digambarkan dengan grafik hubungan *Peak Particle Velocity* dan nilai *Powder Factor* berdasarkan tabel pada Lampiran F.

1. Tanggal 22 September 2018 dengan nilai Faktor K = 1675,48

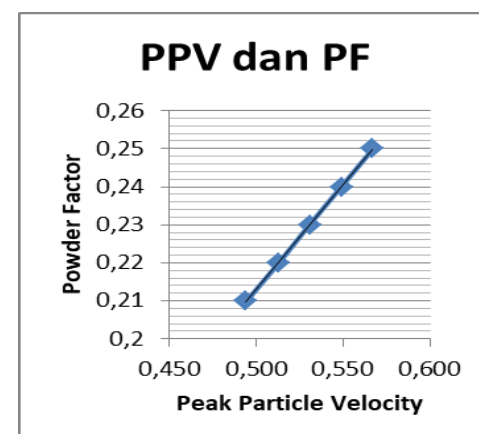
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

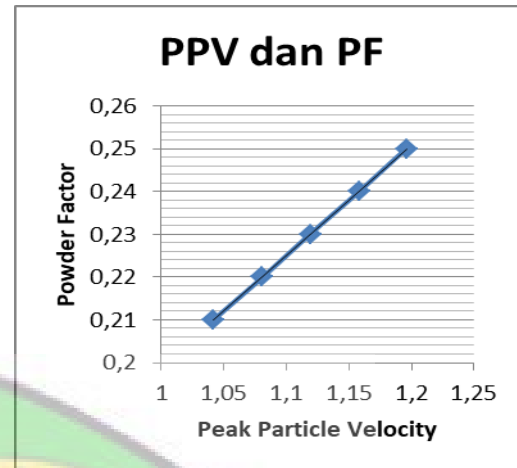


c. Pada jarak 1568 m :

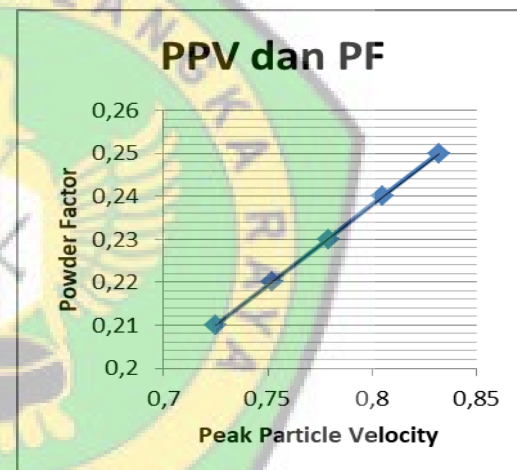


2. Tanggal 28 September 2018 dengan nilai Faktor K = 1805,57

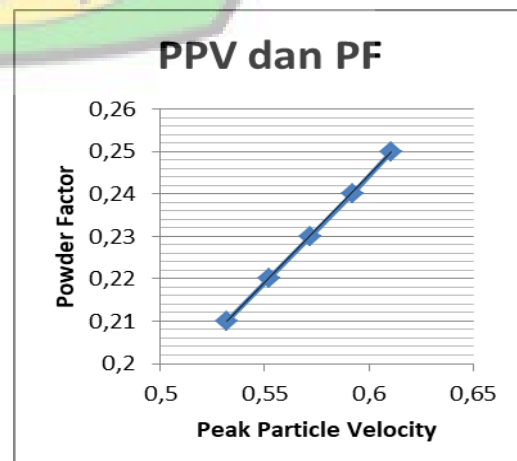
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

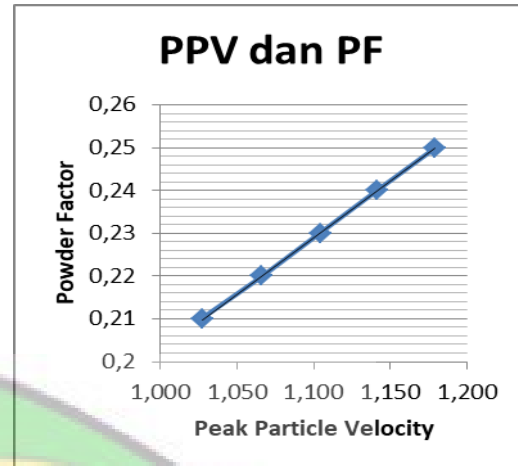


c. Pada jarak 1568 m :

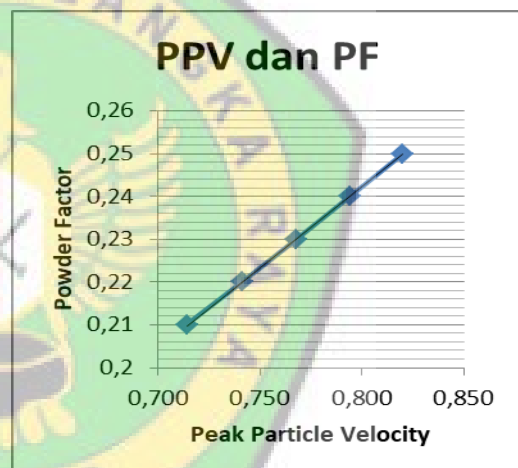


3. Tanggal 01 Oktober 2018 dengan nilai Faktor K = 1780,22

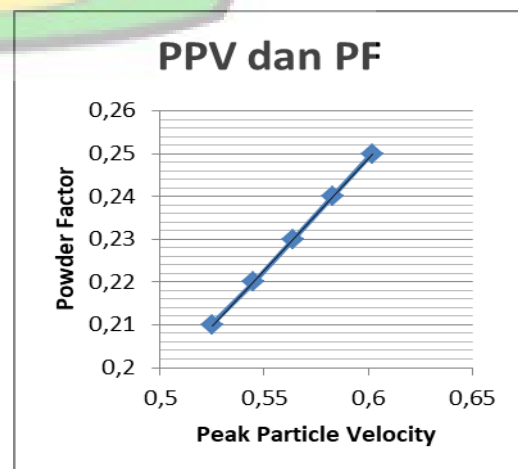
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

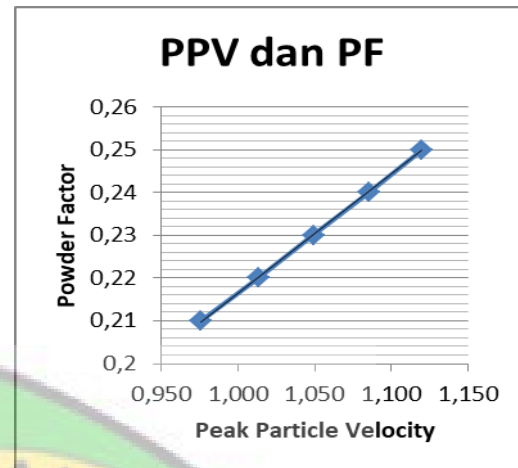


c. Pada jarak 1568 m :

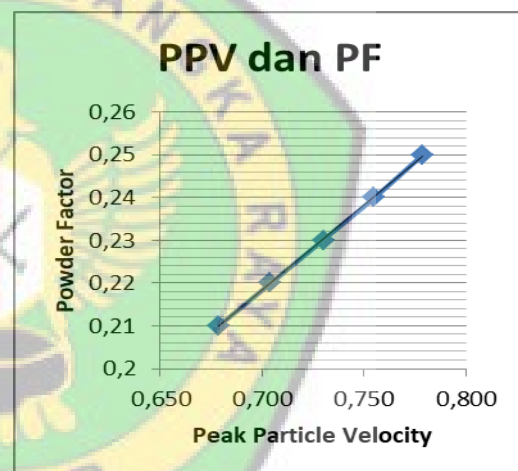


4. Tanggal 06 Oktober 2018 dengan nilai Faktor K = 1691,93

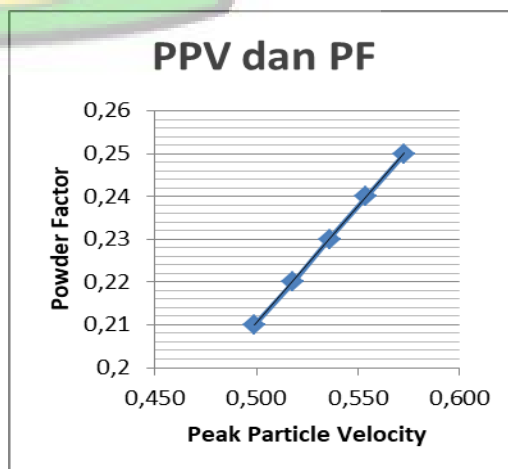
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

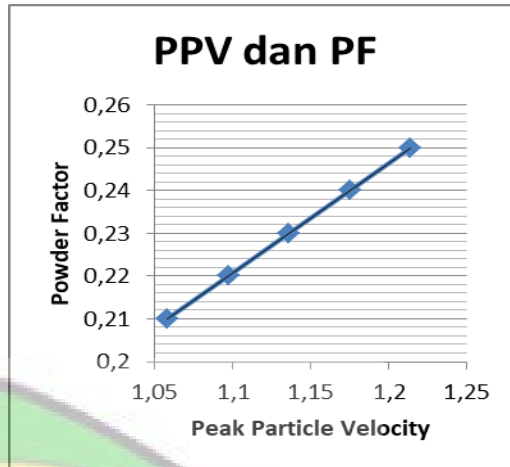


c. Pada jarak 1568 m :

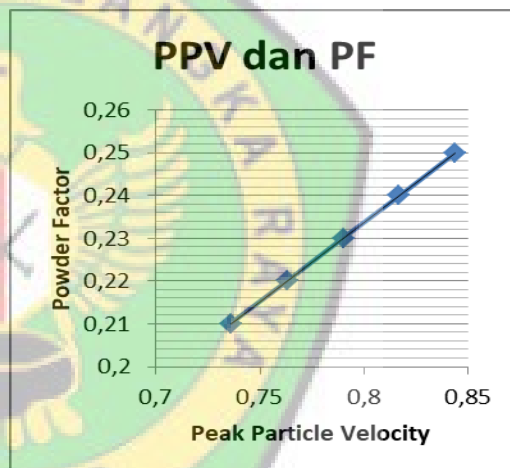


5. Tanggal 14 Oktober 2018 dengan nilai Faktor K = 1832,73

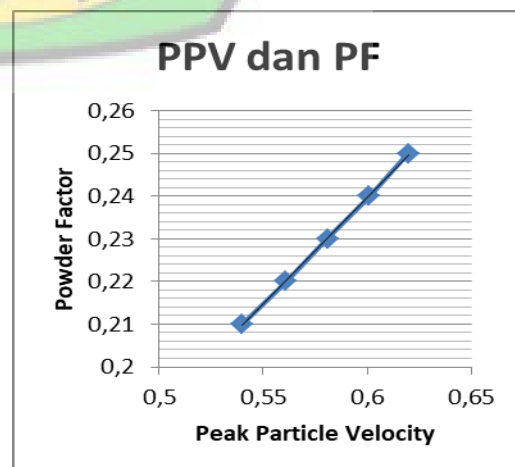
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

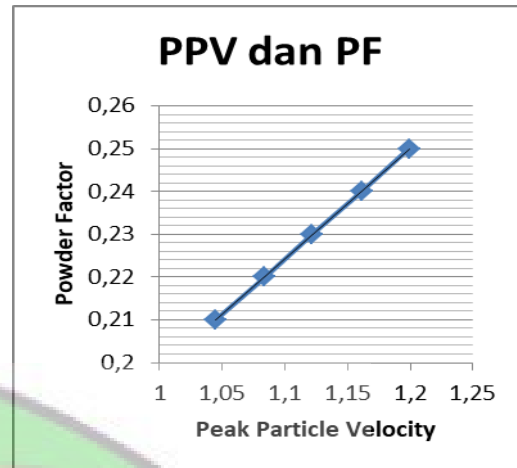


c. Pada jarak 1568 m :

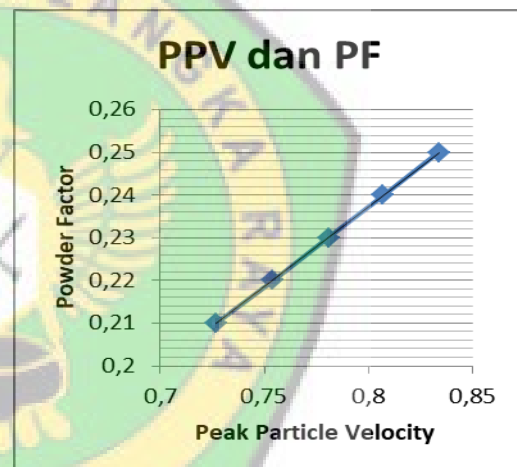


6. Tanggal 19 Oktober 2018 dengan nilai Faktor K = 1810,50

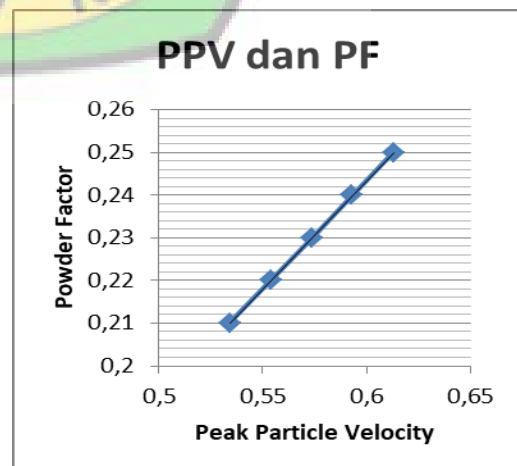
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

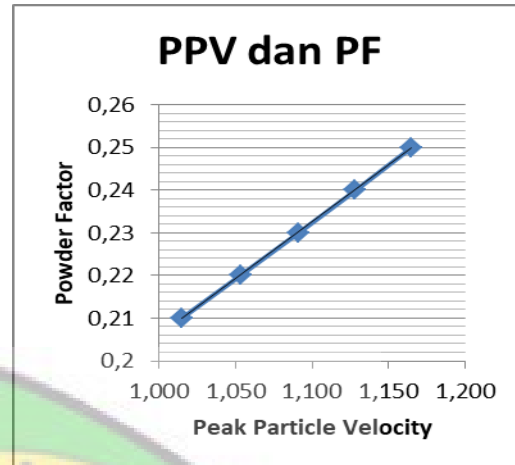


c. Pada jarak 1568 m :

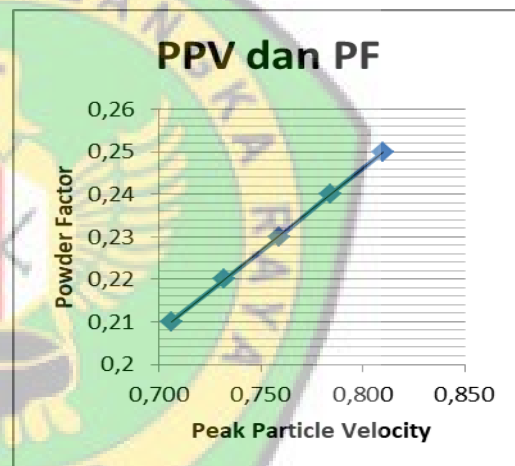


7. Tanggal 26 Oktober 2018 dengan nilai Faktor K = 1759,05

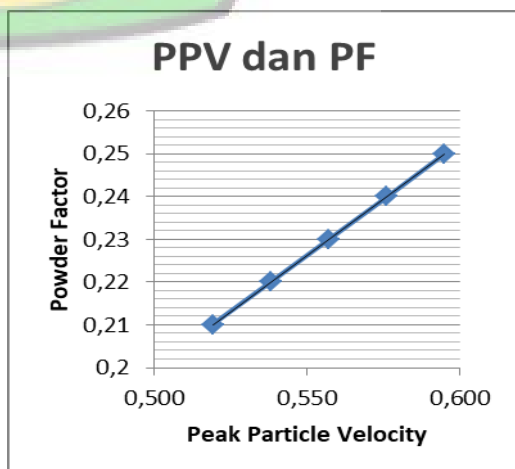
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :

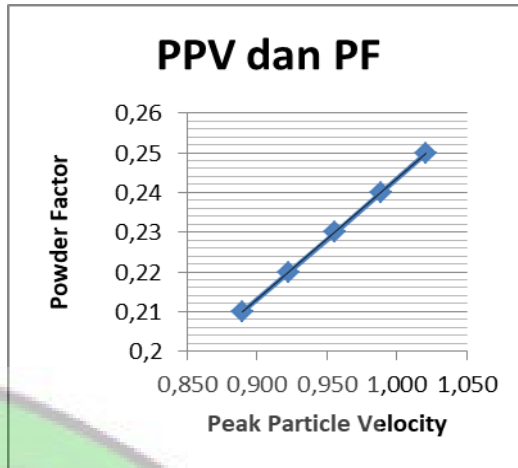


c. Pada jarak 1568 m :

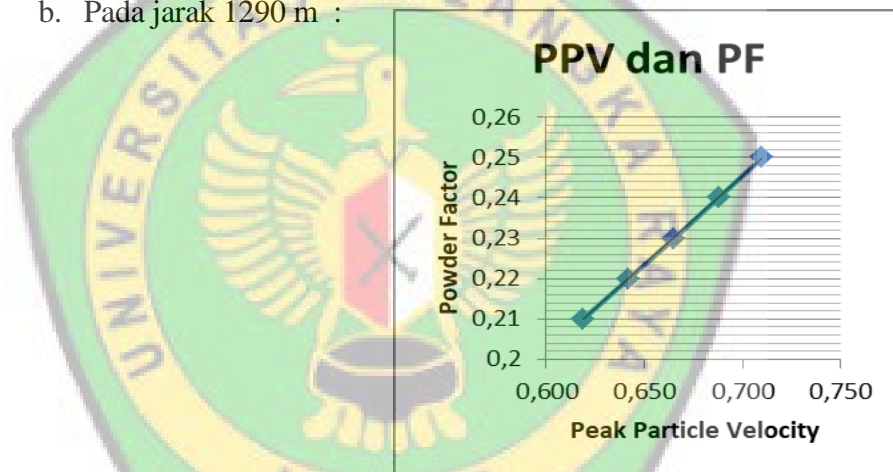


8. Tanggal 04 November 2018 dengan nilai Faktor K = 1541,86

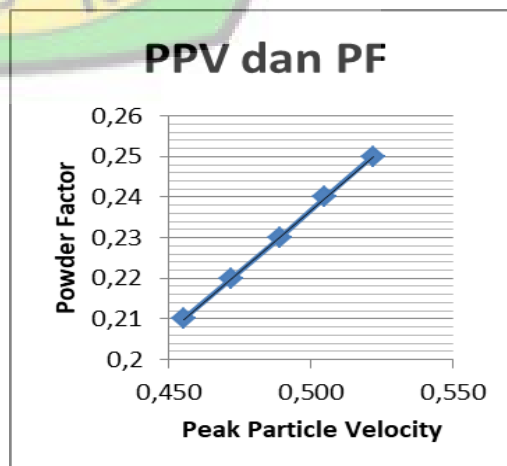
a. Pada jarak 1025 m :



b. Pada jarak 1290 m :



c. Pada jarak 1568 m :



4.2 Pembahasan

4.2.1 Powder Factor

PT. Kaltim Prima Coal selaku *owner* memberikan target *Powder Factor* maksimum $0,22 \text{ kg/m}^3$ dalam upaya pengupasan lapisan tanah penutup di wilayah Pit Pelangi PT. Pamapersada Nusantara. Hal ini dikarenakan dampak kegiatan peledakan diasumsikan akan dipengaruhi nilai *powder factor* yang merupakan perbandingan antara jumlah bahan peledak yang digunakan dan volume target hasil peledakan.

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat 3 peledakan dengan nilai *powder factor* melebihi $0,22 \text{ kg/m}^3$ yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$; $0,24 \text{ kg/m}^3$; dan $0,23 \text{ kg/m}^3$. Hal ini dikarenakan pengaruh dari beberapa parameter geometri peledakan seperti *burden* dan *spacing*. Jika ditinjau pada kondisi kedalaman lubang yang sama, nilai *burden spacing* yang semakin rapat secara langsung akan mempengaruhi jumlah lubang yang dihasilkan dan kebutuhan bahan peledak juga akan bertambah.

4.2.2 Hasil Pengukuran Getaran

Dalam penelitian ini, dengan *burden* bervariasi yaitu 7 - 8 m, *spacing* berkisar 8 - 9 m, dan kedalaman lubang rata-rata 6,2 m didapatkan getaran tanah yang bervariasi dari 0,696 mm/s hingga 1,76 mm/s. Arah pemboran vertikal dan pola pemboran selang-seling (*staggered pattern*). Pada Pit Pelangi dilakukan peledakan dengan metode nonel, sedangkan pola peledakan yang digunakan adalah *boxcut*. Pengukuran getaran tanah dilakukan di daerah *office* karena cenderung dekat dengan pit. Bangunan

yang berada di daerah *office* adalah bangunan yang terbuat dengan pondasi besi dengan adukan semen dengan bangunan dominan kayu. Jika mengacu pada SNI 7571:2010 batas getaran tanah bangunan yang terbuat dari pondasi kayu adalah 3 mm/s. Namun untuk penerapan dari PT, Pamapersada Nusantara, standar PPV yang ditetapkan untuk daerah *office* hasil dampak peledakan di Pit Pelangi yaitu 2 mm/s.

4.2.2.1 Geometri Peledakan

Geometri peledakan merupakan suatu rancangan yang diterapkan pada suatu kegiatan peledakan yang meliputi *burden*, *spacing*, *stemming*, *powder column* dan kedalaman lubang ledak.

a. *Burden*

Pada pit Pelangi PT. Pamapersada Nusantara saat ini menggunakan *burden* 7 - 8 meter. Panjang *burden* yang lebih besar dari 8 meter akan menyebabkan *boulder* yang lebih banyak lagi, sebaliknya panjang *burden* yang lebih kecil dari 8 meter akan berakibat pada getaran yang akan dihasilkan.

b. *Spacing*

Untuk nilai *spacing* di pit Pelangi yang digunakan ialah 8 - 9 meter. Tetapi hasil penelitian dilapangan, nilai *spacing* perencanaan berbeda dengan nilai *spacing* aktual. Apabila *spacing* lebih besar dari 9 meter maka akan mengakibatkan distribusi energi peledakan tidak optimal untuk pemberaian batuan. Namun jika nilai *spacing*

lebih kecil dari 9 meter maka akan menyebabkan ukuran material terlalu halus dan getaran yang dihasilkan semakin besar.

c. *Stemming*

Fungsi *stemming* adalah agar terjadi keseimbangan tekanan dan mengurung gas-gas hasil ledakan sehingga dapat menekan batuan dengan energi yang maksimal. Pada penelitian yang dilakukan, material *stemming* yang dipakai adalah hasil *cutting* bor pada sekitaran lubang ledak. *Stemming* yang diterapkan dilapangan untuk kedalaman 7 meter adalah 4 meter. *Stemming* yang lebih panjang menyebabkan terbentuknya bongkah (*boulder*), sebaliknya *stemming* yang terlalu pendek akan menyebabkan *flyrock* dan *airblast*.

d. Panjang Kolom Isian (*Powder Colomn*)

Panjang kolom isian yang digunakan dilapangan berkisar 2,5 meter sampai 3 meter tergantung dari kedalaman lubang. Dengan panjang kolom isian yang lebih kecil dari seharusnya akan menyebabkan energi peledakan yang dikeluarkan lebih kecil dan jika berlebihan akan menghasilkan nilai *powder factor* yang besar karena boros penggunaan bahan peledak.

e. Kedalaman Lubang

Data kedalaman lubang ledak peledakan yang digunakan dilapangan berkisar antara 4 meter sampai 7 meter menyesuaikan keadaan permukaan dari lokasi.

4.2.2.2 Pola Peledakan dan Waktu Tunda

a. Pola peledakan

Dalam melakukan kegiatan peledakan di Pit Pelangi menggunakan pola *box cut*. Pemilihan pola *box cut* karena selain memiliki 1 *freeface*, pola ini juga memiliki arah ledakan yang menumpuk ke tengah dan akan membantu mengarahkan arah getaran ke tengah yaitu ketempat yang sudah terberai.

b. Waktu Tunda

Pada Pit Pelangi menggunakan waktu tunda 109 ms dan 176 ms untuk *surface delay* dan 500ms *inhole delay*. Pemilihan waktu tunda tersebut didasarkan karena jarak lokasi cenderung dekat ke area *office* sehingga dipercaya semakin lama atau lambat waktu tunda yang digunakan maka akan semakin kecil getaran yang dihasilkan.

4.2.2.3 Pemakaian Bahan Peledak

Bahan peledak yang digunakan adalah Emulsi dan *booster* produksi PT. AEL. *Booster* berfungsi sebagai pemicu ledakan pada setiap lubang yang dirangkai dengan *inhole delay* detonator. Emulsi yang digunakan merupakan campuran 70% emulsi dan 30% anfo yang memiliki kecepatan detonasi $>5300\text{m/s}$ dan berat jenis $1,15\text{ gr/cm}^3$.

4.2.2.4 Konsentrasi Isian (*Loading Density*)

Loading Density yaitu berat bahan peledak per meter kedalaman. Pada kegiatan peledakan di PT. Pamapersada Nusantara, *loading density* rata-rata sebesar 35,17 kg/m dan besarnya berat bahan peledak yang diisikan rata-rata tiap lubang yaitu 88 kg. Diperoleh berdasarkan perhitungan berikut:

$$de = 3,14 \times De^2 \times SG \dots\dots\dots(4.4)$$

Dimana : $de = \text{Loading Density (kg/m)}$

$De = \text{Diameter (inch)}$

$SG = \text{Berat jenis bahan peledak}$

Sehingga :

$$\begin{aligned} de &= 3,14 \times (7\frac{7}{8})^2 \times 1,15 \\ &= 35,17 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Pemakaian bahan peledak tiap lubang merupakan perkalian antara *loading density* dengan panjang kolom isian bahan peledak, seperti untuk kedalaman lubang 6 meter.

$$E = de \times PC$$

$$= 35,17 \text{ kg/m} \times 2,5 \text{ m} = 87,93 \text{ kg atau } 88 \text{ kg.}$$

4.2.2.5 Hasil Perhitungan Getaran

Pada penelitian di pit Pelangi PT. Pamapersada Nusantara diperoleh data getaran setiap peledakan. Kegiatan peledakan dilakukan pada siang hari sekitar pukul 12.00 WIB sampai 13.00 WIB.

Pengukuran getaran tiap hasil peledakan dilakukan dengan menggunakan alat *blastmateIII* dan selanjutnya diolah dengan program *blastware*. Alat *blastmateIII* ini digunakan untuk mengukur tingkat getaran (*ground vibration*) dengan 3 arah gerakan partikel (transversal, longitudinal dan vertikal) serta tingkat kebisingan (*airblast*).

Berdasarkan pada hasil pengukuran actual tingkat getaran tanah yang dilakukan mulai 22 September s/d 4 November 2018 di Pit Pelangi PT. Pamapersada Nusantara, getaran tanah terkecil yang terekam pada tanggal 6 Oktober 2018 pada jarak pengukuran 1462 meter dari lokasi peledakan dengan jumlah muatan perdelay sebesar 176 kg, tingkat getaran 0,696 mm/s dan nilai *powder factor* sebesar 0,21 kg/m³. Sedangkan getaran tanah terbesar hasil peledakan terjadi pada kegiatan peledakan tanggal 26 Oktober 2018 pada jarak pengukuran 1290 meter dengan jumlah muatan bahan peledak perdelay sebesar 264 kg, tingkat getaran 1,76 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar 0,25 kg/m³.

a. Prediksi Getaran Tanah berdasarkan *Scaled Distance*

Perhitungan prediksi getaran tanah pada bangunan dihitung menggunakan rumus persamaan *Peak Particle Velocity* (PPV) teori *scaled distance* dari buku B.V.Gokhale, 2010. Pada gambar 4.7, hasil analisis hubungan antara *scaled distance* dan PPV yang didapat dari hasil pengukuran getaran tanah pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa R (koefisien korelasi) adalah 0,7583, yang menyatakan bahwa terdapat hubungan yang kuat yaitu 75,83% nilai

peak particle velocity dipengaruhi oleh *scaled distance* sedangkan 24,17% dipengaruhi faktor lain seperti isian bahan peledak *perdelay*, jarak pengukuran dan karakteristik massa batuan.

Berikut ini perhitungan PPV berdasarkan teori *scaled distance*, berdasarkan jarak terdekat dan terjauh dari lokasi pengukuran terhadap lokasi peledakan, antara lain:

1. Jarak Terdekat

Diketahui :

- Peledakan pada tanggal 22 September 2018
- Konstanta terkait dengan kondisi lokasi (k) = 1675,48
- Isian bahan peledak (W) = 176 kg/delay
- Jarak lokasi peledakan dengan titik (D) = 1025 m
- *Exponen* yang terkait dengan lokasi (e) = 1,58

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{PPV} &= k (\text{SD})^{-e} \\
 &= k \left(\frac{D}{W^{0,5}} \right)^{-e} \\
 &= 1675,48 \left(\frac{1025}{(176)^{0,5}} \right)^{-1,58} \\
 &= 1675,48 (77,262)^{-1,58} \\
 &= 1,742 \text{ mm/s}
 \end{aligned}$$

2. Jarak Terjauh

Diketahui :

Peledakan pada tanggal 14 Oktober 2018

- Konstanta terkait dengan kondisi lokasi (k) = 1832,73

- Isian bahan peledak (W) = 216 kg/delay
- Jarak lokasi peledakan dengan titik (D) = 1568 m
- *Exponen* yang terkait dengan lokasi (e) = 1,58

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}
 \text{PPV} &= k (\text{SD})^{-e} \\
 &= k \left(\frac{D}{W^{0,5}} \right)^{-e} \\
 &= 1832,73 \left(\frac{1568}{(216)^{0,5}} \right)^{-1,5} \\
 &= 1832,73 (117,740)^{-1,5} \\
 &= 1,145 \text{ mm/s}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rinci diatas yang terdapat pada tabel 4.4, diketahui bahwa nilai Faktor K yang digunakan tiap lokasi berbeda sebagai acuan kedepan untuk mendapatkan nilai *peak particle velocity* prediksi dengan penggunaan *powder factor* sesuai permintaan perusahaan.

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Getaran Tanah

1. Jarak Peledakan

Jarak peledakan yang dimaksud adalah jarak antara lokasi peledakan dengan titik pengukuran getaran tanah. Semakin dekat lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran, maka tingkat *ground vibration* cenderung semakin besar. Begitu juga sebaliknya, semakin jauh lokasi peledakan dengan lokasi pengukuran, maka tingkat *ground vibration* cenderung semakin kecil.

2. Isian Peledak Perwaktu Tunda

Isian bahan peledak perwaktu tunda yang dimaksud adalah jumlah bahan peledak yang meledak dalam satu waktu tunda. Semakin besar jumlah isian bahan peledak perwaktu tunda maka akan menghasilkan tingkat *ground vibration* yang besar. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil jumlah isian bahan peledak perwaktu tunda, maka semakin kecil juga tingkat *ground vibration* yang dihasilkan.

3. Desain Perangkaian Peledakan

Perangkaian juga sangat mempengaruhi getaran tanah yang dihasilkan. Getaran tanah untuk 2 atau 3 lubang yang meledak bersamaan akan menghasilkan getaran yang lebih besar jika dibandingkan dengan 1 lubang yang meledak. Untuk itu dilakukan simulasi upaya perbaikan dengan aplikasi *ShotPlus-I* (Lampiran E) agar mencegah lubang meledak bersamaan.

4.2.3 Hubungan *Peak Particle Velocity* Berdasarkan Nilai *Powder Factor*

Analisis dengan perhitungan nilai faktor K dilakukan melalui penjabaran rumus *peak particle velocity* dari teori *scaled distance* dengan menggunakan nilai *powder factor* dan volume batuan yang akan diledakkan sebagai pengganti nilai W (berat isian peledak). Maka dari hasil pembagian getaran aktual, *powder factor* dan volume batuan terhadap jarak pengukuran.

Dari penjabaran rumus tersebut dapat dilihat bahwa nilai *peak particle velocity* memiliki perbandingan senilai terhadap nilai *powder factor* dan volume batuan, artinya peningkatan nilai getaran tanah pada kegiatan peledakan (*peak particle velocity*) juga akan meningkatkan nilai *powder factor* yang digunakan. Berikut ulasan tiap tanggal peledakan dengan nilai Faktor K yang berbeda-beda (setelah dianalisis) :

1. 22 September 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1675,48.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,109 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,967 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,772 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,672 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,567 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,494 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

2. 28 September 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1805,57.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,196 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 1,042 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,832 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,725 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,611 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,532 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

3. 01 Oktober 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1780,22.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,179 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 1,027 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,820 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,714 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,602 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,525 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

4. 06 Oktober 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1691,93.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,120 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,976 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,779 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,679 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,573 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,499 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

5. 14 Oktober 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1832,73.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,214 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 1,058 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,844 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,736 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,620 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,540 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

6. 19 Oktober 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1810,50.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,199 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 1,045 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,834 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu 0,25 kg/m³ dan getaran minimum 0,727 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar 0,21 kg/m³.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,613 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu 0,25 kg/m³ dan getaran minimum 0,534 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar 0,21 kg/m³.

7. 26 Oktober 2018

Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1759,05.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,165 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu 0,25 kg/m³ dan getaran minimum 1,015 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar 0,21 kg/m³.
- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,810 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu 0,25 kg/m³ dan getaran minimum 0,706 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar 0,21 kg/m³.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,595 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu 0,25 kg/m³ dan getaran minimum 0,519 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar 0,21 kg/m³.

8. 04 November 2018

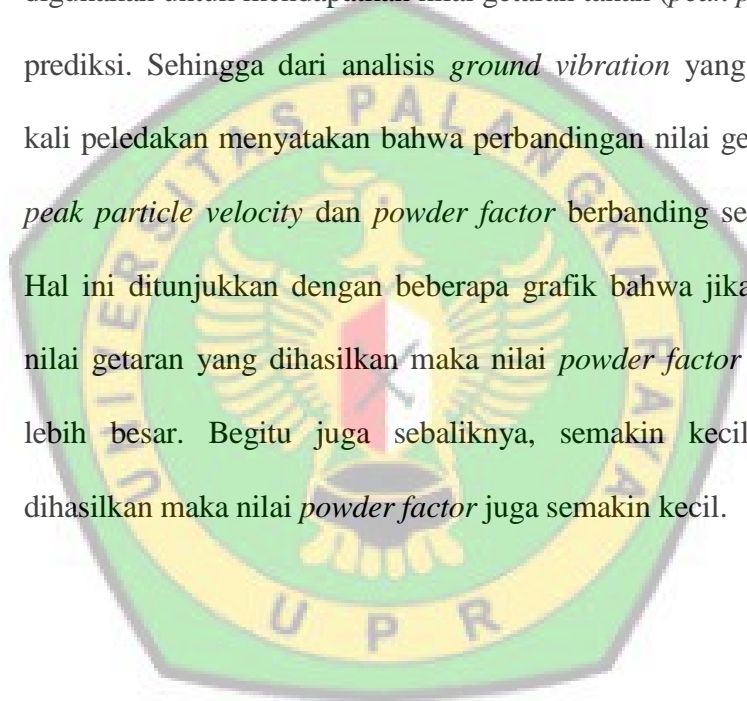
Berdasarkan hasil perhitungan dari penjabaran rumus teori *scaled distance* maka didapatkan nilai Faktor K sebesar 1541,86.

- Pada jarak dengan rata-rata 1025 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 1,021 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,890 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1290 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,710 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,619 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.
- Pada jarak dengan rata-rata 1568 m, getaran tanah maksimum yang dihasilkan 0,522 mm/s dengan *powder factor* tertinggi yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$ dan getaran minimum 0,455 mm/s dengan nilai *powder factor* sebesar $0,21 \text{ kg/m}^3$.

Berdasarkan tabel 4.4 untuk analisis Faktor K tiap lokasi yang berbeda-beda dipengaruhi oleh nilai getaran tanah, *powder factor*, volume batuan dan jarak pengukuran getaran yang merupakan penjabaran dari rumus *peak particle velocity* dan *scaled distance*. Sebelumnya nilai Faktor K yang digunakan untuk prediksi getaran adalah 1140 untuk semua lokasi dimana angka tersebut bukan merupakan angka analisa melainkan angka yang diterapkan berdasarkan nilai Faktor K

teoritis dan umumnya diterapkan di perusahaan di Indonesia dalam hal prediksi getaran.

Dari penjabaran rumus *peak particle velocity* dan *scaled distance* dapat ditarik rumusan hubungan *peak particle velocity* (getaran tanah) berdasarkan nilai *powder factor* (Lampiran F). Dimana masing-masing nilai Faktor K dan *powder factor* serta jarak yang bervariasi dapat digunakan untuk mendapatkan nilai getaran tanah (*peak particle velocity*) prediksi. Sehingga dari analisis *ground vibration* yang dihasilkan tiap kali peledakan menyatakan bahwa perbandingan nilai getaran tanah dari *peak particle velocity* dan *powder factor* berbanding senilai atau lurus. Hal ini ditunjukkan dengan beberapa grafik bahwa jika semakin besar nilai getaran yang dihasilkan maka nilai *powder factor* juga cenderung lebih besar. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil getaran yang dihasilkan maka nilai *powder factor* juga semakin kecil.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan dari data dilapangan, terdapat 3 data pengamatan yang menunjukkan nilai *powder factor* melebihi dari ketentuan perusahaan maksimal $0,22 \text{ kg/m}^3$, yaitu $0,25 \text{ kg/m}^3$; $0,24 \text{ kg/m}^3$ dan $0,23 \text{ kg/m}^3$.
2. Berdasarkan analisa hasil pengukuran getaran tanah akibat peledakan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 7571:2010), karakteristik tingkat getaran tanah hasil peledakan pada PT. Pamapersada Nusantara menunjukkan masih berada dalam kondisi aman dengan baku tingkat getaran tanah sebesar 2 mm/s yang ditetapkan perusahaan. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi tingkat getaran tanah hasil dari kegiatan peledakan di PT. Pamapersada Nusantara adalah jarak lokasi peledakan, isian bahan peledak, dan faktor K lokasi peledakan.
3. Berdasarkan analisis *peak particle velocity* terhadap *powder factor* menerangkan bahwa semakin kecil *powder factor*, maka nilai *peak particle velocity* juga cenderung semakin kecil. Sedangkan semakin besar nilai *powder factor* yang digunakan, maka nilai *peak particle velocity* cenderung semakin besar. Hal ini dikarenakan nilai factor K tiap lokasi pengamatan berbeda-beda.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari pengamatan kegiatan yang telah dilakukan yaitu:

1. Apabila dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai topik serupa, diharapkan agar data yang diambil di lapangan lebih banyak sehingga hasil analisis bisa lebih akurat.
2. Memperhatikan lokasi alat pengukuran getaran yang berada tepat di depan *office* Pamapersada Nusantara karena dianggap kurang memenuhi kualifikasi sebagai lokasi pengukuran. Hal ini memicu bertambahnya getaran hasil rekaman alat dikarenakan aktivitas karyawan yang berada di sekitar tersebut.
3. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan penelitian dengan parameter pola rangkaian peledakan, arah inisiasi, *free face* dan geometri yang digunakan sehingga diharapkan faktor K yang didapat memiliki akurasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ash, R. L. 1963. *Design of Blasting Round*, Surface Mining 2nd Edition, BA Kennedy Editor. Colorado.
- Dowling. 1985. *Blast Vibration Monitoring and Control*. Englewoods Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Gokhale, B. V. 2010. *Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines*. CRC Press. London.
- Iqbal Tutuko Muchammad (2016). *Analisis Penerapan Bottom Air Deck Terhadap Fragmen Batuan Hasil Peledakan, Digging Time Alat Muat dan Elevasi Lantai Jenjang di Pit Mod PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta Provinsi Kalimantan Timur*. Universitas Pembangunan Veteran: Yogyakarta.
- Jimeno C. L. 1995. *Drilling and Blasting of Rock*, Balkema/ Roterдам/ Brookfield.
- Kandewal, Manoj. 2007. *Evaluation of Blast – Induced Ground Vibration*. India.
- Kartodharmo Moelhim, 1990. *Teknik Peledakan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Koesnaryo. S., 2001, *Rancangan Peledakan Batuan*, Fakultas Tambang UPN “Veteran”:Yogyakarta.
- Marmer, Dwihandoyo,. 2008. *Dampak Peledakan*. Pusdilal Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
- Pasang, Joris. 2013. *Analisis Pengaruh Pola Rangkaian Peledakan terhadap Tingkat Getaran Tanah*. Skripsi. Universitas Mulawarman.
- Rusmawarni. 2017. *Evaluasi Isian Bahan Peledak Berdasarkan Ground Vibration Hasil Peledakan Overburden*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat.
- Standar Nasional Indonesia 7571:2010. *Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Tambang Terbuka Terhadap Bangunan*. Jakarta.
- Susanti, Leliani. 2016. *Analisis Pengukuran Getaran Tanah Dengan Metode Scaled Distance Untuk Menentukan Faktor K Pada Kegiatan Peledakan*. Skripsi. Universitas Palangkaraya.

Usman, Husaini dan Setiady Akbar, Purnomo. 2006. *Pengantar Statistika*. Yogyakarta: Bumi Aksara.

Yuliana. 2017. *Evaluasi Getaran Peledakan Overburden Berdasarkan Powder Factor*. Skripsi. Universitas Lambung Mangkurat.

