

SKRIPSI

**Analisis Pengaruh Pola Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah untuk
Mencapai Ketentuan Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI)
di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang**

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh

Gelar Sarjana Teknik Pertambangan



BUTET SESMITA

1102414/2011

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH POLA PELEDAKAN TERHADAP TINGKAT GETARAN TANAH UNTUK MENCAPAI KETENTUAN SESUAI STANDAR NASIONAL INDONESIA (SNI) DI BUKIT KARANG PUTIH PT. SEMEN PADANG

Nama : Butet Sesmita
Nim/Bp : 1102414/2011
Program Studi : S-1 Teknik Pertambangan
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Januari 2016

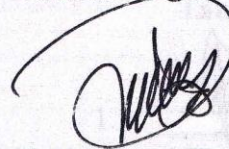
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



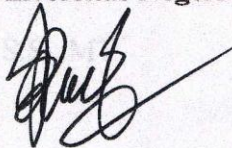
Drs. Raimon Kopa, MT
NIP. 19580313 198303 1 001

Pembimbing II



Dedi Yulhendra, ST, MT
NIP. 19800915 200501 1 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang



Drs. Raimon Kopa, MT
NIP. 19580313 198303 1 001

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Dinyatakan Lulus Setelah Mempertahankan Skripsi di Depan Tim Penguji
Program Studi S-1 Teknik Pertambangan Jurusan Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
dengan Judul:

Judul : **ANALISIS PENGARUH POLA PELEDAKAN
TERHADAP TINGKAT GETARAN TANAH UNTUK
MENCAPAI KETENTUAN SESUAI STANDAR
NASIONAL INDONESIA (SNI) DI BUKIT KARANG
PUTIH PT. SEMEN PADANG**

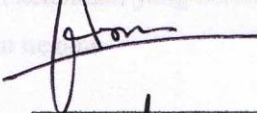
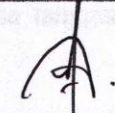
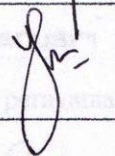
Nama : Butet Sesmita
Nim/BP : 1102414/2011
Program Studi : S1 Teknik Pertambangan
Fakultas : Teknik

Padang, Januari 2016

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Ketua : Drs. Raimon Kopa, MT
2. Sekretaris : Dedi Yulhendra, ST , MT
3. Anggota : Mulya Gusman, ST , MT
4. Anggota : Adree Octova, S.Si, MT
5. Anggota : Yoszi Mingsi Anaperta, ST , MT

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK PERTAMBANGAN
Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131
Telephone: FT: (0751)7055644, 445118 Fax: 7055644

Homepage: <http://pertambangan.ft.unp.ac.id> E-mail: mining@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : BUTET SESMITA
NIM/TM : 1102414 / 2011
Program Studi : S1
Jurusan : Teknik Pertambangan
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan Judul :

„ Analisis Pengaruh Pola Peledakan terhadap tingkat getaran tanah untuk mencapai ketentuan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang. ”

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 5 Januari 2016.

yang membuat pernyataan,

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Pertambangan

Drs. Raimon Kopa, M.T.
NIP. 19580313 198303 1 001



Management
System
ISO 9001:2008
www.tuv.com
ID 912906646

BIODATA



I. Data Diri:

Nama Lengkap : Butet Sesmita
Tempat / Tanggal Lahir : Tanjung Gadang, 22 September 1992
Jenis Kelamin : Perempuan
Nama Bapak : Zahman
Nama Ibu : Yusnimar
Jumlah Saudara : 4 (Bersaudara)
Alamat Tetap : Desa Pasar Tanjung Gadang, kecamatan Tanjung Gadang, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatra Barat.

II. Data Pendidikan:

Sekolah Dasar : SDN 27 Tanjung Gadang
Sekolah Lanjutan Pertama : SMPN 5 Tanjung Gadang
Sekolah Lanjutan Atas : SMAN 3 Tanjung Gadang
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

III. Penelitian:

Tempat Penelitian : PT. Semen Padang, Bukit Karang Putih
Kecamatan Lubuk Kilangan, Sumatera Barat.
Tanggal Penelitian : 12 Januari – 12 Maret 2015
Tanggal Sidang : 25 November 2015

Padang, 12 Januari 2016

Butet Sesmita
BP. 2011/1102414

RINGKASAN

Butet Sesmita: Analisis Pengaruh Pola Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah untuk Mencapai Ketentuan Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang

PT. Semen Padang pada lokasi penambangan di front 1 melakukan peledakan pada jarak 700 meter dari permukiman, dikarenakan nilai PPV dari kegiatan peledakan belum mencapai standar yang telah ditentukan oleh PT. Semen Padang, yaitu = PPV 2 mm/detik pada jarak 500 meter. Kegiatan Peledakan harus memenuhi nilai standar yang telah ditentukan agar tidak mengganggu kenyamanan masyarakat setempat.

Data pengukuran *ground vibration* dianalisis menggunakan teori *scaled distance* untuk mendapatkan pengaruh isian bahan peledak dan jarak terhadap nilai PPV. Berdasarkan persamaan *regresi power* diperoleh prediksi isian bahan peledak untuk memenuhi standar vibrasi yang ditetapkan dan nilai koefisien determinasi (R) yang diperoleh yaitu 0,656 (65,6%) sehingga masih ada 34,4 % faktor diluar variabel isian bahan peledak dan jarak yang dapat dikendalikan dengan metode tertentu untuk itu metode yang digunakan untuk pengurangan vibrasi ada dengan metoda pola peledakan.

Berdasarkan teori *scaled distance* diperoleh prediksi isian bahan peledak untuk mencapai standar yang ditetapkan pada jarak 500 meter dengan PPV 2 mm/detik sebanyak 72,446 kg, sedangkan isian aktual di PT. Semen Padang adalah 50 kg berarti untuk isian prediksi berada dalam keadaan aman. oleh karena itu untuk mengurangi vibrasi yang ada agar mencapai standar vibrasi yang ditetapkan oleh PT. Semen Padang kita dapat melakukan dengan metode pola peledakan yaitu pola peledakan Box Cut, Corner Cut dan V-Cut dan setelah dicobakan untuk hasil vibrasinya didapatkan rata-ratanya pada pola Box cut 2,25 mm/detik, Corner Cut 2,78 mm/detik dan V-cut 0,99 mm/detik, untuk hasil metode ini dapat kita simpulkan bahwa pola V-cut berada dibawah standar yang telah ditentukan oleh PT. Semen Padang yaitu 2 mm/detik.

Kata Kunci : Puncak Kecepatan Partikel, Skala Jarak, Getaran, Blast Pattern.

ABSTRACT

Butet Sesmita: Analysis of Blast Pattern Effect to Ground Vibration Level to Attain Indonesian National Standard (SNI) at Bukit Karang Putih of PT. Semen Padang.

PT Semen Padang at Front 1 mining location executed blasting activity with 700 meters distance from people residence, it was caused by the number of PPV from blasting activity didn't reached yet the standar which already settled by PT Semen Padang, PPV 2 mm/second at 500 meters distance. Blasting activity should require the settled standar in order to keep community being comfortable.

The data of ground vibration measuring is analyzed by using scaled distance theory to obtain the distance and charge concentration effect to PPV. Based on regrestion power equation is obtained prediction of charge concentration to require settled-vibration severity and coefficient of determination (R^2) amount 0,656 (65,6%) and there is about 34,4% external factors of disctance and charge concentration variable can be controlled with certain method so it will be used drill pattern method to dectract vibration.

As suited to scaled distance theory it was obtained explosives charge concentration to get the fix standard at 500 meters distance with 2 mm/second PPV amount of 72,446 kg, where as the charge concentration is 50 kg that was applied by PT. Semen Padang meant the charge concentration predict was in safe condition. Therefore, in order to minimaze vibration for getting PT. Semen Padang standard vibration we can examine blasting pattern methods such as Box cut, Corner Cut and V-cut pattern, afterwards it would be implemented for the result of its vibration obtained 2,25 mm/ second, Box cut, 2,78 mm/ second in corner cut, and 0,99 mm/second in V cut, for the result of this method we can conclude that V-cut pattern is in a low standard that was decided by PT Semen Padang with 2 mm/ second the vibration.

Keywords: PPV, Scaled Distance, Vibration, Blast Pattern.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *“Analisis Pengaruh Pola Peledakan Terhadap Tingkat Getaran Tanah untuk Mencapai Ketentuan Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang”*.

Selama penyusunan Skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, dan seluruh keluarga yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini.
2. Bapak Drs. Raimon Kopa, MT, selaku Dosen Pembimbing I Skripsi.
3. Bapak Dedi Yulhendra, ST,MT, selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.
4. Bapak Drs. Raimon Kopa, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Romi Abdillah selaku pembimbing di lapangan, yang telah memberikan bimbingan selama penulis melaksanakan penelitian di PT. Semen Padang, Unit Pertambangan Bukit Karang Putih, Lubuk Kilangan, Sumatera Barat.
6. Seluruh karyawan PT. Semen Padang, Unit Pertambangan Bukit Karang Putih, Lubuk Kilangan, Sumatera Barat.

7. Seluruh dosen dan staff jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
8. Rekan-rekan seperjuangan jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang angkatan 2011.
9. Dan semua pihak yang terlibat dalam penulisan Skripsi ini, yang namanya tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi penyusunan, bahasa, ataupun penulisannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun.

Semoga dorongan, bantuan, dan do'a serta bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis mendapat pahala dan balasan yang setimpal di sisi Allah SWT. Amin YaRobbalAlamin.

Padang, 12 Januari 2016

BUTET SESMITA

DAFTAR ISI

	Halaman
BIODATA	i
RINGKASAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Deskripsi perusahaan	7
1. Sejarah Perusahaan.....	7
2. Lokasi dan Kesampaian Daerah.....	9
3. Keadaan Geologi	11
4. Cadangan dan Kualitas Batu Kapur	16
5. Iklim Dan Curah Hujan	18
6. Strukur Organisasi Perusahaan.....	20
7. Kegiatan Penambangan	23
8. Pelaksanaan Kegiatan Penelitian.....	27
B. Dasar Teori	45

1. Geometri Peledakan	45
2. Pola Pemboran.....	52
3. Pola Peledakan	53
4. Waktu Tunda (Delay Time)	56
5. Getaran Tanah (<i>Ground Vibration</i>).....	58
6. Teori Analisis Vibrasi	64
7. Pengukuran <i>Ground Vibration</i> dengan Metoda <i>Peak Particle Velocity</i>	67
8. Standar <i>Ground Vibration</i> (Getaran Tanah).....	67
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	70
B. Instrumentasi Penelitian.....	70
C. Desain Penelitian.....	71
D. Proses Pengukuran <i>Ground Vibration</i>	75
E. Waktu dan Lokasi penelitian.....	78
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	79
1. Geometri Peledakan	79
2. Metode Peledakan di PT Semen Padang	81
3. Data Aktual Lapangan	81
4. Metode Usulan	83
5. Isian Bahan Peledak	84
6. Peledakan dengan Pola Rangkaian Box Cut, Corner Cut, VCut	90
B. Pembahasan.....	98
1. Pengukuran <i>Ground Vibration</i> dengan Pola Rangkaian.....	99
2. Analisis <i>Ground Vibration</i> Pada Metode Peledakan Awal.....	102
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	105
B. Saran	106

DAFTAR TABEL

Tabel 1. SNI 7571:2010.	2
Tabel 2. Hasil Analisis Kimiawi Contoh Batu Kapur.	18
Tabel 3. Data Curah Hujan PT. Semen Padang.....	19
Tabel 4. SNI 7571:2010	68
Tabel 5. Geometri Pemboran dan Peledakan PT. Semen Padang	80
Tabel 6. Hasil Pengukuran Ground Vibration	82
Tabel 7. Scaled Distance.	85
Tabel 8. Prediksi Isian Bahan Peledak	89
Tabel 9. Rancangan Pola Rangkaian Corner Cut	91
Tabel 10. Rancangan Pola Rangkaian Box Cut.....	93
Tabel 11. Rancangan Pola Rangkaian V Cut	95
Tabel 12. Hasil Pengukuran Vibrasi Akibat Peledakan Dengan metode Pola Peledakan	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT. Semen Padang.....	10
Gambar 2. Peta Geologi Regional PT. Semen Padang	12
Gambar 3. Kekar yang ada di PT. Semen Padang.....	15
Gambar 4. Stratigrafi PT. Semen Padang.....	16
Gambar 5. Struktur Organisasi PT. Semen Padang.....	23
Gambar 6. Bulldozer.....	28
Gambar 7. Pengukuran Burden dan Spasi	29
Gambar 8. Pemberian titik tanda bor.....	30
Gambar 9. Alat Bor Sandvik DP 1100 DM 05.....	31
Gambar 10. Alat Bor Ingersoll Rand DM 30 (DM 03)	31
Gambar 11. Alat Bor Furukawa HCR 1500 ED II	32
Gambar 12. ANFO Mixer.....	33
Gambar 13. Blasting Machine (Beethoven MK 22/3 Exploder)	34
Gambar 14. Blastometer (B01999-1)	35
Gambar 15. Lead Wire	36
Gambar 16. Nonel In Hole	37
Gambar 17. Nonel Connector.....	38
Gambar 18. Booster.....	39
Gambar 19. Dayagel	39
Gambar 20. Pengangkutan Anfo	41
Gambar 21. Anfo di lokasi penambangan	41
Gambar 22. Proses Pemasukan Anfo	42
Gambar 23. Perangkaian Peledakan	43
Gambar 24. Design Peledakan	43
Gambar 25. Micromate.....	44
Gambar 26. Geometri Peledakan.....	46
Gambar 27. Pola bujur Sangkar.....	52
Gambar 28. Pola Pemboran Selang Seling (Staggered Patern)	53

Gambar 29. Pola Peledakan Corner Cut (Echelon)	54
Gambar 30. Pola Peledakan V-Cut.....	55
Gambar 31. Pola Peledakan Box Cut	55
Gambar 32. Diagram Alir Penelitian.....	74
Gambar 33. Pengukuran Vibrasi dengan Blastmate ^{III}	76
Gambar 34. Event Report	77
Gambar 35. Regresi Power.....	86
Gambar 36. Blast Design Corner Cut.....	92
Gambar 37. Blast Map	92
Gambar 38. Blast Design Box Cut	94
Gambar 39. Blast Map.....	94
Gambar 40. Blast Design V-Cut.....	96
Gambar 41. Blast Map	96
Gambar 42. Event Report Corner Cut	100
Gambar 43. Event Report Box Cut.....	100
Gambar 44. Event Report V Cut	101
Gambar 45. Hubungan Jarak dengan Isian Bahan Peledak	103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Struktur Organisasi PT. Semen Padang

Lampiran 2. Pola Rangkaian

Lampiran 3. Bahan Peledak

Lampiran 4. Spesifikasi Alat Bor

Lampiran 5. Ground Vibration

Lampiran 6. Analisis Koefisien Determinasi (R^2) Dengan Menggunakan Regresi Linear

Lampiran 7. Mine Layout

Lampiran 8. Plotting Nilai PPV Pada Jarak 500 Meter

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PT. Semen Padang merupakan pabrik semen tertua di Indonesia yang didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 dengan nama *NV NederlandschIndische Portland Cement* (NV NIPCM). Alasan pendirian pabrik ini karena ditemukan cadangan batu kapur dan silika di Bukit Karang Putih dan Ngalau pada tahun 1906. Oleh seorang perwira Belanda berkebangsaan Jerman yang bernama Ir. Carl cristoper Lau. Kedua jenis batu tersebut dibawa ke Belanda untuk diteliti kemudian hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis bahan baku tersebut dapat dijadikan bahan baku untuk membuat semen.

Pabrik ini mulai memproduksi semen pada tahun 1913 dengan kapasitas 22.900 ton pertahun, dan angka produksi terbesar pernah mencapai 170.000 ton pada tahun 1939. Ketika Jepang menguasai Indonesia tahun 1942-1945, pabrik diambil alih dengan manajemen Asano Cement, Jepang. Setelah proklamasi kemerdekaan Republik Indonesia tanggal 17 Agustus 1945, pabrik ini diambil alih oleh karyawan dan diserahkan kepada pemerintah Republik Indonesia dengan nama Kilang Semen Indarung.

Sebagaimana yang telah kita ketahui bahwa PT. Semen Padang merupakan penambangan batu kapur dan silika, kegiatan pembongkaran batu kapur di

Tambang Quarry PT. Semen Padang menggunakan metode pemboran dan peledakan.

Kegiatan pemboran adalah suatu kegiatan membuat lubang tembak pada batuan yang akan dibongkar dan dipecahkan dengan menggunakan alat bor. Tujuan dari pemboran ini adalah membuat lubang tembak untuk tempat isian bahan peledak.

Kegiatan peledakan dilakukan selain memperhatikan target produksi juga harus diperhitungkan dampak dari peledakan itu sendiri terutama dalam hal getaran tanah (*ground vibration*) yang dapat menimbulkan efek negative pada daerah sekitar jika melampaui SNI 7571:2010 yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

TABEL 1.
SNI 7571:2010

Kelas	Jenis Bangunan	Peak Vektor Sum (mm/s)
1	Bangunan kuno yang dilindungi Undang-Undang benda cagar budaya (Undang-Undang xNo. 6 tahun 1992)	2
2	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen.	3
3	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen diikat dengan slope beton	5
4	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen slope beton, kolom dan rangka diikat dengan ring balk.	7-20
5	Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen, slope beton, kolom dan diikat dengan rangka baja.	12-40

Sumber: BSNI 2010

Getaran tanah pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur bangunan disekitar lokasi peledakan. Tingkat getaran peledakan bervariasi tergantung pada rancangan peledakan dan kondisi geologi dari batuan. Penerapan metode peledakan harus benar dan sesuai dengan kondisi batuan yang akan diledakkan. Selain itu peledakan dilakukan di PT. Semen Padang dengan nilai standar vibrasi yang telah ditentukan oleh PT. Semen Padang yaitu dengan nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) dibawah 2 mm/detik pada jarak 500 meter. Getaran peledakan yang dihasilkan harus berada pada kondisi aman bagi keadaan sekelilingnya.

Pengaruh dari getaran peledakan yang berada di luar standar ukuran peledakan yang diijinkan akan menimbulkan gangguan terhadap kenyamanan, kesehatan manusia, dan keamanan bangunan-bangunan atau lereng-lereng tambang di sekitarnya.

Pada tambang PT. Semen Padang dalam kondisi saat ini melakukan kegiatan peledakan pada jarak 500 meter yang berdekatan dengan tempat yang mempunyai pengaruh besar terhadap tambang, seperti perkantoran dan permukiman, sehingga membutuhkan suatu perubahan dalam peledakan agar tidak mempengaruhi kondisi lainnya disekitar tambang. Pengukuran getaran akibat peledakan selalu dilakukan setiap kegiatan peledakan, untuk mendapatkan angka tertentu sebagai koreksi dari kegiatan peledakan tersebut terhadap efek yang ditimbulkannya karena PT. Semen Padang memiliki standar 2 mm/s untuk ground

vibration. Oleh karena itu penulis berkeinginan untuk melakukan penelitian mengenai pola rangkaian peledakan yang baik untuk diterapkan terhadap getaran akibat peledakan di PT. Semen Padang.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Kegiatan peledakan pada tambang terbuka menimbulkan efek berupa getaran tanah yang apabila melebihi ambang batas tertentu akan menimbulkan kerusakan dan ketidaknyamanan.
2. Pola Peledakan yang digunakan mempunyai pengaruh tersendiri terhadap dampak yang dihasilkan dari kegiatan peledakan tersebut.

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah penelitian pada:

1. Penelitian tidak merubah geometri peledakan yang ada
2. Penelitian ini membahas tentang getaran tanah yang ditimbulkan akibat peledakan untuk mendapatkan pola rangkaian peledakan yang terbaik
3. Sistem peledakan yang diubah hanya pada pola rangkaian peledakan.
4. Pengukuran pengaruh getaran tanah akibat peledakan dilakukan menggunakan alat *blastmate*^{III}.
5. Perhitungan *Peak Particle Velocity*.

6. Evaluasi kegiatan peledakan hanya dilakukan pada pengaruh getaran tanah berdasarkan SNI 7571:2010 dan Nilai PPV yang diterapkan di PT. Semen Padang.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pola peledakan, nilai *Peak Particle Velocity (PPV)* dan isian yang ada saat ini di PT. Semen Padang, Bukit karang putih?
2. Bagaimana hubungan antara nilai *PPV* dan *Scaled Distance* sehingga didapatkan *prediksi isian* pada jarak 500 meter dengan *PPV* 2 mm/s ?
3. Berapa nilai *PPV* yang dihasilkan dari kegiatan peledakan dengan pola rangkaian peledakan Box cut, Corner cut, dan V-cut.
4. Dari berbagai pola peledakan yang diuji cobakan, pola peledakan seperti mana yang berada dibawah standar yang ditetapkan oleh PT. Semen Padang dengan *PPV* 2 mm/s tanpa mengurangi tujuan awal dari kegiatan peledakan tersebut?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui sistem peledakan serta isian yang sedang diterapkan di PT. Semen Padang, Bukit karang putih.
2. Menghitung data-data yang didapat dari hasil *blastmate* ke dalam *teori scaled distance* sehingga diperoleh persamaan untuk mendapatkan *prediksi isian* pada jarak 500 meter dengan nilai *PPV* 2 mm/s.
3. Membandingkan hasil pengukuran getaran tanah yang dihasilkan dari kegiatan peledakan dengan pola rangkaian peledakan Box cut, Corner cut dan V-cut.

4. Memperoleh suatu pola peledakan terbaik yang memenuhi standar getaran tanah sebagai usulan untuk perusahaan.

F. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengaplikasikan teori-teori yang telah dipelajari pada saat perkuliahan
2. Sebagai referensi tambahan baik itu di perusahaan maupun di Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Deskripsi Perusahaan

1. Sejarah PT. Semen Padang

PT Semen Padang merupakan pabrik semen tertua di Indonesia yang didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 dengan nama *NV NederlandschIndische Portland Cement* (NV NIPCM). Alasan pendirian pabrik ini karena ditemukan cadangan batu kapur dan silika di Bukit Karang Putih dan Ngalau pada tahun 1906. Oleh seorang perwira Belanda berkebangsaan Jerman yang bernama Ir. Carl cristoper Lau. Kedua jenis batu tersebut dibawa ke Belanda untuk diteliti kemudian hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis bahan baku tersebut dapat dijadikan bahan baku untuk membuat semen.

Pabrik ini mulai memproduksi semen pada tahun 1913 dengan kapasitas 22.900 ton pertahun, dan angka produksi terbesar pernah mencapai 170.000 ton pada tahun 1939. Ketika Jepang menguasai Indonesia tahun 1942-1945, pabrik diambil alih dengan manajemen Asano Cement, Jepang. Setelah proklamasi kemerdekaan Republik Indonesia tanggal 17 Agustus 1945, pabrik ini diambil alih oleh karyawan dan diserahkan kepada pemerintah Republik Indonesia dengan nama Kilang Semen Indarung.

Pada Agresi Militer I tahun 1947, pabrik dikuasai kembali oleh Belanda dan namanya diganti menjadi *NV Padangs Portland Cement*

Maatschappij (NVPPCM). Berdasarkan PP No.50 tanggal 5 Juli 1958, tentang penentuan perusahaan perindustrian dan pertambangan milik Belanda dikenakan nasionalisasi, maka NV *Padangs Portland Cement Maatschappij* (NVPPCM) dinasionalisasikan dan selanjutnya ditangani oleh Badan Pengelola Perusahaan Industri Tambang (BAPPIT) Pusat. Setelah tiga tahun dikelola BAPPIT Pusat, berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 135 tahun 1961 status perusahaan dirubah menjadi (Perusahaan Negara). Akhirnya pada tahun 1971 melalui peraturan pemerintah No 7, menetapkan Semen Padang menjadi PT Semen Padang dengan Akta Notaris 5 tanggal 4 Juli 1872. Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Keuangan Republik Indonesia No.5-326/MK.016/1995, pemerintah melakukan konsolidasi atas 3 pabrik semen milik pemerintah yaitu PT. Tonasa (PTST), PT Semen Padang (PTSP), PT. Semen Gresik, yang teralisir pada tanggal 15 September 1995, sehingga pada saat itu PT Semen Padang berada di bawah PT. Semen Gresik Group (Semen Gresik Group).

Pada tanggal 20 Desember 2012, melalui Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB) Perseroan, resmi mengganti nama dari PT. Semen Gresik (Persero) Tbk, menjadi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Penggantian nama tersebut, sekaligus merupakan langkah awal dari upaya merealisasikan terbentuknya *Strategic Holding Group* yang ditargetkan dan diyakini mampu mensinergikan seluruh kegiatan operasional dan

memaksimalkan seluruh potensi yang dimiliki untuk menjamin dicapainya kinerja operasional maupun keuangan yang optimal.

Setelah memenuhi ketentuan hukum yang berlaku, pada tanggal 7 Januari 2013 ditetapkan sebagai hari lahir PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Perseroan memiliki empat merk yang lekat di hati konsumen, yaitu Semen Gresik, Semen Padang, Semen Tonasa dan Thang Long Cement.

Perseroan menguasai pangsa pasar domestik terbesar yang mencapai sekitar 44%, menunjukkan keunggulan reputasi yang mencerminkan kekuatan *corporate* dan *brand image* Perseroan. Saat ini PT Semen Padang mempunyai lima pabrik produksi, yaitu pabrik produksi Indarung I, II, III, IV dan V.

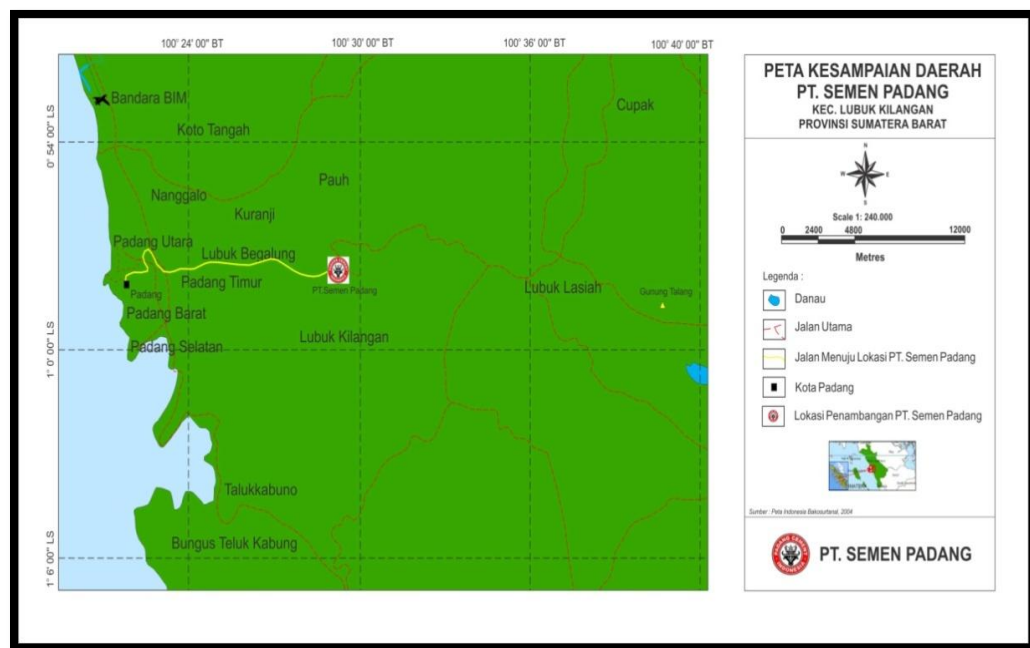
2. Lokasi dan Kesampaian Daerah

PT. Semen Padang berlokasi di kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kotamadya Padang, Sumatera Barat. Kurang lebih 15 km di sebelah Timur Kota Padang yang terletak pada koordinat $0^{\circ}38'30''$ LS – $0^{\circ}50'30''$ LS dan $101^{\circ}15'30''$ BT – $101^{\circ}40'30''$ BT.

Lokasi praktek lapangan industri tambang PT. Semen Padang berada di Bukit Karang Putih terletak di kelurahan Batu Gadang, Kecamatan Lubuk Kilangan kira-kira 2 km dari pabrik Semen Padang ke arah Selatan Indarung yang dihubungkan dengan jalan yang terbuat dari beton. Secara geografis terletak pada $1^{\circ}04'30''$ LS sampai $1^{\circ}06'30''$ LS dan $100^{\circ}15'30''$ BT sampai $100^{\circ}18'30''$ BT. Berbatasan ke arah Barat dengan Kota Padang, ke arah Timur dengan Kabupaten Solok, ke arah Utara dengan Kabupaten Agam dan ke arah

Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan. Daerah praktek lapangan industri dilalui oleh jalan utama yang menghubungkan Kota Padang dan Kota Solok.

Lokasi penambangan batu kapur ini dihubungkan dengan jalan yang telah dibeton dan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan umum atau naik kendaraan milik karyawan PT. Semen Padang. Peta lokasi kesampaian daerah PT. Semen Padang ditampilkan pada gambar 1 dibawah ini.



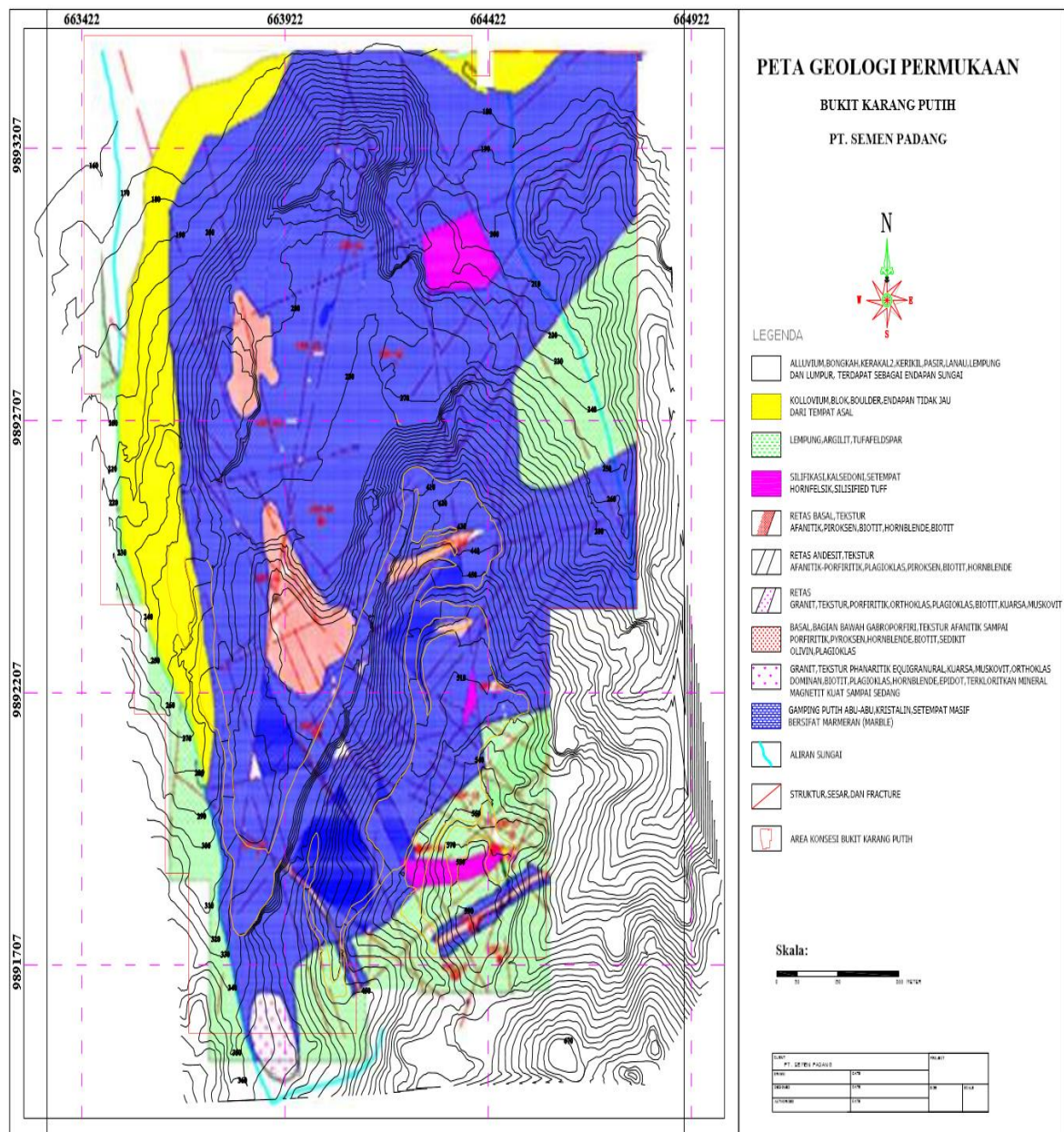
Sumber : PT. Semen Padang, 2015

Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT. Semen Padang

3. Keadaan Geologi

a. Keadaan Geologi Regional

Keadaan geologi daerah ini merupakan bukit yang sangat terjal dengan sudut lereng alami mencapai 45° . Bukit Karang Putih pada umumnya ditempati oleh batu kapur (gamping) dengan terobosan batuan beku (basalt, andesit, granit). Lapisan batu kapur terletak di atas batuan endapan *vulkanik* dengan ketebalan 100 m-350 m. Di sebelah Selatan penambangan ditemukan batuan beku basalt. Dapat diperkirakan bahwa di daerah ini juga *ekstrusi* basalt (proses pembentukan dari basalt menjadi batu kapur). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat peta geologi PT. Semen Padang pada (gambar 2) dibawah ini.



Sumber: PT. Semen Padang, 2000

Gambar 2. Peta Geologi Regional PT. Semen Padang

Arah *strike and dip* bidang perlapisan yang terdapat di Bukit Karang Putih adalah N 25°/74° E (Departemen Tambang PT. Semen Padang). Merupakan suatu front antiklin dengan poros perlapisan berarah lebih kurang Timur Laut sampai Barat Daya. Lapisan tanah penutup yang dijumpai pada lokasi penambangan terdiri dari batu kapur lapuk dan *basalt*.

Berdasarkan geomorfologinya, maka daerah Bukit Karang Putih dapat dibagi menjadi tiga satuan morfologi, yaitu :

a. Morfologi dataran rendah

Daerah ini relatif datar atau sedikit berbukit dengan ketinggian antara 130 m sampai 250 m dari permukaan laut. Daerah ini terdapat di bagian Timur Laut dan Barat Laut dari Bukit Karang Putih. Batuan penyusunnya terdiri dari alluvium berupa lempung dan pasir yang merupakan endapan sungai Batang Idas dan bongkah-bongkah batuan vulkanik.

b. Morfologi perbukitan rendah

Daerah ini mempunyai ketinggian antara 250-500 m dari permukaan laut, terletak di bagian Timur dan Tenggara dari Bukit Karang Putih. Daerah ini merupakan hutan kecil dan padang ilalang serta aliran sungainya tidak berpengaruh oleh musim. Jenis batuan yang terdapat disini adalah batu gamping, tanah liat dan pasir silika.

c. Morfologi perbukitan tinggi

Daerah ini terdiri dari bukit-bukit terjal yaitu :

- 1) Bukit Karang Putih, ketinggian sekitar 549 m dari permukaan laut.
- 2) Bukit Gadang dengan ketinggian 596 m dari permukaan laut.
- 3) Bukit Batu Tarjarang dengan ketinggian 750 m dari permukaan laut.
- 4) Bukit Batu Tinggi dengan ketinggian 710 m permukaan laut.

b. Struktur Geologi

Struktur Geologi yang ada yaitu, kekar, bidang sesar dan hancuran atau breaksiasi. Gejala struktur geologi atau bantuan untuk mengarah ke terjadinya struktur geologi yang lain adalah kelurusan sungai, mata air dan lubuk-lubuk yang dalam.

Struktur kekar yang berkembang meliputi *gash fracture* dan *shear fracture* yang terdiri dari *extensionjoint* dan *release joint*. Kekar yang dijumpai pada umumnya masih terbuka dan pada beberapa lokasi ada yang terisi oleh mineral kalsit atau mineral ubahan lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (gambar 3) dibawah ini.



Sumber : Dokumentasi Penelitian Terdahulu (Arif Ahmadin, 2002 Struktur Geologi PT. Semen Padang, tambang Karang Putih, Kecamatan Lubuk Kilangan, Indarung Padang.

Gambar 3. Kekar yang ada pada Pit di PT. Semen Padang

c. Keadaan Stratigrafi

Tatanan Stratigrafi daerah Bukit Karang Putih tersusun oleh Lithologi batuan kersikan anggota formasi kuantan dengan batuan gamping kristalin, berumur permokarbon secara tidak selaras berada di atas satuan batuan kersikan dan satuan batu gamping yang terendapkan bersama satuan konglomerat anggota formasi tuhur, berumur trias tengah akhir.

Bukit Karang Putih berumur kala miosen tengah dan *intrusi* batuan beku. Di sebelah Selatan daerah Bukit Karang Putih berumur kala miosen akhir. Secara fisik sangat mengganggu kondisi batuan akibat terobosannya, perubahan yang paling menonjol dengan adanya *intrusi* ini

adalah terlihatnya perubahan batu gamping secara berangsur-angsur menjadi marmer disekitar sumber *intrusi*.

Satuan batuan yang paling muda yang terdapat di Bukit Karang Putih adalah vulkanik berumur tersier-kuarter dan secara tidak selaras menutupi satuan batuan lain yang ada sebelumnya (*Literatur Geologi PT Semen Padang*). Keadaan stratigrafi daerah Bukit Karang Putih PT. Semen Padang dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini:

Unit Batuan	Tebal Rata-Rata (m)	Simbol Batuan	Pemerian	Sumber Bahan
Endapan Resen	0,8-3,0		Material Timbunan/ Urugan	
Endapan Vulkanik	0,4-2,5		Lempung Residu/ Foil	Alumina Al_2O_3
	13,6		Tufa	Silika (SiO_2)
	68,9		Tufa Kersikan Tektonik Deposit (Bahan Rombakan)	
Batuan Metasedimen dan Metamorf	±360		Batugamping- Marmer	Kapur Cao, MgO
	>500		Batulempung Tufaan (Batuan Kersikan)	Silika (SiO_2)

Sumber : Departemen Tambang PT. Semen Padang, 2000.

Gambar 4. Stratigrafi PT. Semen Padang

4. Cadangan dan Kualitas Batu Kapur

a. Cadangan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Direktorat Geologi tahun 1974, bahwa cadangan Batu kapur yang terdapat di Bukit Karang Putih sebesar 404.437.044 ton dengan luas daerah lebih dari 1,62 x 0,6 km, dengan

ketebalan rata-rata 100 m – 350 m yang terletak di atas batu kersikan. Sebagian tanah penutupnya (*over burden*) adalah batu rijang. Cadangan ini mempunyai dua jenis Batu kapur, yaitu *Hard Limestone* dan *Sugar Limestone*.

b. Kualitas Batukapur

Berdasarkan hasil contoh permukaan dan inti bor dilaboratorium PT. Semen Padang di pertengahan 2010, diketahui sifat fisik batu kapur di daerah Bukit Karang Putih sebagai berikut:

Warna : Putih susu/bening, abu-abu gelap sampai terang

Kekerasan : 3-5 skala Mohs

Belahan : Bentuk sempurna

Pecahan : Kaca, bentuk *earthy*

Sifat dalam : Dari yang keras, liat hingga *brittle* (rapuh)

Density : Density *In situ* 2,65 ton/BCM dan *loss* 1,72 ton/LCM

Kandungan unsur kimia (mineral) :

CaO : 52%, MgO : 3%, FeO : 0,7%, SiO : 6%, H₂O : 4,4%, CO₂ : 28 %

Mineral ikutan: TiO₂(Rutil), Al₂O₃(Korundum), Fe₂O₃(Hematit)

Penggunaannya disesuaikan oleh kualitas batu kapur dan sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur kimia yang terkandung, terutama CaO dan MgO. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

TABEL 2.**Hasil Analisis Kimiawi Contoh Batukapur**

No	Nama Batuan (megaskopis)	Komposisi kimia (%)				
		SiO ₂	CaO	CaCO ₃	MgO	MgCO ₃
1	Batukapur kristalin	-	51,93	97,05	0,89	1,27
2	Batukapur kristalin	-	54,95	95,37	0,87	1,54
3	Batukapur kristalin	-	53,32	98,32	0,54	1,02
4	Batukapur kristalin	-	52,56	96,01	7,06	13,89
5	Batukapur kristalin	-	52,84	97,58	6,88	13,05
6	Marmer	17,26	52,22	94,55	9,56	17,23
7	Marmer	24,43	51,43	96,62	8,34	15,31
8	Batukapur kristalin	11,58	51,12	92,73	1,87	3,55
9	Marmer	13,23	52,11	93,04	1,03	2,98
10	Batukapur hablur	-	54,61	98,63	0,22	0,87
11	Batukapur kristalin	-	53,02	97,44	0,34	0,98
12	Batukapur kristalin	-	54,06	98,96	0,12	0,76
Jumlah kadar rata rata		5,54	52,84	96,35	3,14	6,038

Sumber: Data Analisis. PT. Semen Padang, (2012)

5. Iklim dan Curah Hujan

Iklim di daerah PT. Semen Padang adalah iklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau dengan temperatur berkisar antara 27°–35°C. Cuaca dapat mempengaruhi efektivitas kerja pada penambangan yang menggunakan metode tambang terbuka. Tingginya curah

hujan menyebabkan kondisi jalan tambang basah dan lengket sehingga akan mempengaruhi kinerja alat maupun operator dan membuat waktu kerja terganggu, demikian juga sebaliknya pada musim kemarau menyebabkan jalan tambang jadi berdebu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

TABEL 3.
DATA CURAH HUJAN HARIAN BULAN JANUARI 2014 – 2015
PT. SEMEN PADANG

Bulan	Hari Hujan	Curah Hujan (mm)	Rata-rata (mm)
Januari	16	352	22
Februari	4	116	29
Maret	11	187,5	17
April	22	306	13,9
Mei	25	455,5	18,2
Juni	20	364	18,2
Juli	15	271	18,1
Agustus	24	356,5	14,9
September	15	148	9,9
Oktober	20	495	24,75
November	28	948,5	33,875
Desember	24	385	16
Januari	17	253,5	14,9

Sumber: PT. Semen Padang, 2014

6. Struktur Organisasi Perusahaan

PT. Semen Padang memiliki struktur organisasi yang kompleks, yang bertujuan untuk memudahkan pengawasan kegiatan industri, baik di lingkungan kantor maupun di lingkungan penambangan, sesuai dengan kompetensi yang dimiliki tenaga kerja sehingga terciptalah kegiatan yang teratur, efisien dan menguntungkan. Adapun struktur organisasi tempat penulis melakukan kegiatan praktek lapangan industri terlampir pada lampiran 1.

Departemen Tambang PT. Semen Padang terdiri atas biro-biro yang mempunyai tugas dan tanggung jawab sebagai berikut :

a. Biro Penambangan

Biro ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk menyediakan bahan baku semen berupa batu kapur dan batu silika sesuai dengan permintaan pabrik. Biro penambangan ini terdiri atas tiga bidang, yaitu:

1) Bidang *Drilling, Blasting & Mining Service*

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab atas kegiatan pemboran, peledakan dan pelayanan di tambang.

2) Bidang *Loading & Hauling*

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab atas kegiatan pemuatan dan pengangkutan batu kapur maupun batu silika. Tugas pada bidang ini berhubungan dengan alat berat yaitu *Dumptruck* dan *Excavator*.

3) Bidang *Crushing & Conveying*

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab atas kegiatan peremukan dan transfer batu kapur maupun batu silika ke *storage* sesuai dengan kebutuhan pabrik.

b. Biro Pemeliharaan Alat Tambang

Biro ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan terhadap alat-alat tambang. Biro pemeliharaan alat berat tambang ini terdiri atas tiga bidang yaitu:

1) Bidang Pemeliharaan *Crusher & Alat Transport I*

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pemeliharaan alat-alat yang berada di tambang dan unit *crusher& belt conveyor* (tambang) yang mengalami kerusakan.

2) Bidang Pemeliharaan *Crusher & Alat Transport II*

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan terhadap *crusher, belt conveyor* dan alat berat Indarung (pabrik).

3) Bidang PLI (Pemeliharaan Listrik dan Instrumen) Alat Tambang

Bidang ini bertugas dalam perawatan sistem kelistrikan dan instrumen listrik dari alat-alat tambang yang ada di PT. Semen Padang. Jika ada masalah tentang kelistrikannya, maka bidang ini yang bertanggung jawab memperbaikinya.

c. Biro Pemeliharaan Alat Berat Tambang

Biro ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk memelihara alat berat tambang dan memperbaikinya jika ada kerusakan untuk mendukung kebutuhan Departemen Tambang. Biro pemeliharaan alat berat tambang ini terdiri atas tiga bidang yaitu:

1) Bidang Pemeliharaan Alat Berat Tambang

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab atas pemeliharaan terhadap alat berat tambang yang bersifat *trouble shouting*.

2) Bidang Bengkel Tambang

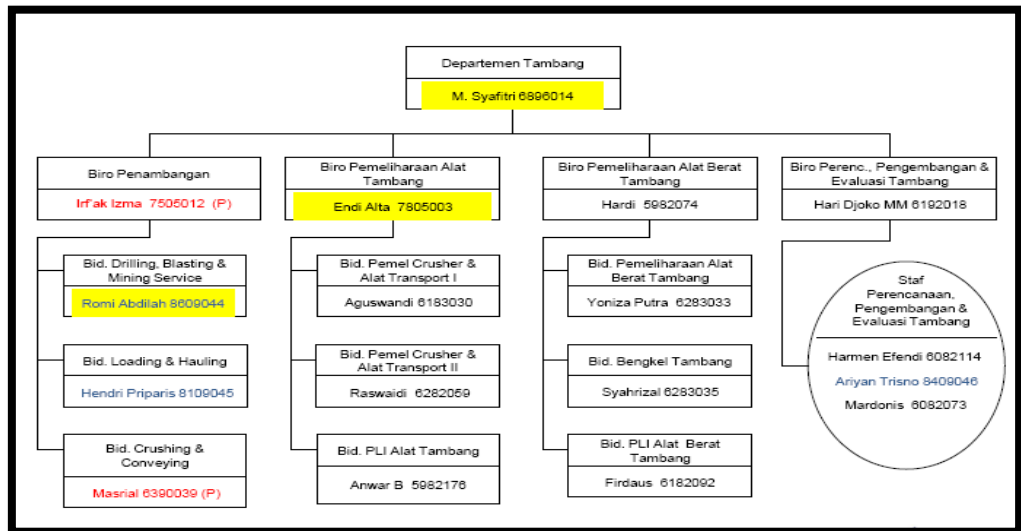
Mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk pemeliharaan terencana seluruh alat khusus yang sifatnya *general over houl*. *General over houl* adalah perbaikan keseluruhan dari komponen alat berat.

3) Bidang Pemeliharaan Listrik dan Instrumen Alat Berat Tambang (PLIAT)

Bidang ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk melakukan pemeliharaan sistem listrik dan instrumen yang terdapat pada alat berat tambang.

d. Biro Perencanaan, Pengembangan & Evaluasi Tambang

Biro ini bertugas untuk evaluasi pemeliharaan dan kinerja peralatan, pengendalian & evaluasi biaya, lingkungan dan *safety*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini:



Sumber PT. Semen Padang

Gambar 5. Struktur Organisasi PT. Semen Padang

7. Kegiatan Penambangan

PT. Semen Padang menerapkan sistem penambangan terbuka (*surface mining*). Penambangannya berupa batu kapur (*limestone*) dan batu silika. Penambangan silika terdapat di Bukit Karang Putih dan juga Bukit Ngalau, tetapi cadangannya lebih banyak terdapat di Bukit Ngalau. Dan penambangan batu kapur hanya terdapat di Bukit Karang Putih.

Dalam penambangannya PT. Semen Padang dibagi menjadi 2 area. Area pertama berada di puncak dari Bukit Karang Putih dan area kedua berada di bawah dari Bukit Karang Putih. Berikut penjelasan dari kedua area tersebut.

a. Area I (penambangan)

Area ini berada di puncak dari Bukit Karangs Putih. Aktivitas penambangannya berupa perintisan (*pioneering*), pembersihan areal, pengeboran (*drilling*), peledakan (*blasting*), pemuatan (*loading*), dan pengangkutan material (*hauling*) dari *loading area* ke *crusher* (area II). Penjelasan tentang aktivitas tersebut yaitu:

1) Perintisan (*pioneering*)

Perintisan adalah pembuatan jalan masuk untuk pembukaan daerah yang akan digunakan sebagai aktivitas penambangan (*front baru*). Biasanya meliputi penebangan pohon dan pembersihan dari semak belukar. Hal ini bertujuan untuk membuat jalan masuk sampai dapat ditempatkan peralatan pada lokasi baru tersebut.

2) Pembabatan (*clearing*)

Pembabatan merupakan pekerjaan pengembangan yang bertujuan untuk membersihkan daerah penambangan yang baru dari vegetasi tumbuhan pada luas areal tertentu. Biasanya kegiatan tersebut meliputi aktivitas penebangan pohon.

3) Pengupasan (*stripping*)

Pengupasan merupakan tahap untuk mengupas lapisan penutup atau *overburden* (*OB*) pada batu kapur. Pada lokasi penambangan tanah penutupnya juga ada yang mengandung silika, jadi *oveburdennya* selama pengupasan juga bisa dimanfaatkan untuk diproduksi. Pada lapisan ini

menggunakan alat berat *excavator* sebagai alat gali dan alat muat lalu *dumptruck* sebagai alat angkut.

4) Pemboran (*drilling*)

Pemboran merupakan kegiatan untuk membuat lubang ledak. Pada tahap ini unit Penambangan Semen Padang menggunakan 4 unit alat bor, yaitu *Ingerssol Rand DM 30 (DM 03)*, *Sandvik DP1100 DM 05*, *Furukawa HCR 1500 ED II*, dan *Sandvik DP 1100 DM 03*.

5) Peledakan (*blasting*)

Peledakan adalah tahapan untuk pemisahan batuan dari induknya agar lebih mudah untuk digali, tahapan ini dilakukan setelah kegiatan pemboran dan lubang tembak siap untuk diisikan bahan peledak. Bahan peledaknya terdiri dari detonator listrik sebagai penyalaan awal, *powergel*, *booster* dan ANFO sebagai *blasting agent* yang merupakan campuran dari *ammonium nitrat* dan *fuel oil* dengan perbandingan 94,5% : 5,5%.

6) Pemuatan (*loading*)

Batu kapur yang sudah hancur dan lepas dari bongkahannya akan dimuat ke *dumptruck* dan dibawa ke areal II. Alat yang digunakan untuk pemuatan batu kapur ini adalah *excavator*.

Excavator yang digunakan di PT. Semen Padang, yaitu:

- (1) Hitachi EX 3500 (kapasitas bucket 17,50 m³).
- (2) Komatsu PC 1800 (kapasitas bucket 12,00 m³).
- (3) Hitachi EX 1800 (kapasitas bucket 9,50 m³).
- (4) Hitachi EX 2500 (kapasitas bucket 15,00 m³).

7) Pengangkutan (*hauling*)

Material yang sudah dimuat ke *dumptruck* akan dibawa langsung ke areal II. Alat angkut yang digunakan PT. Semen Padang yaitu:

- a) Caterpillar 777 D (kapasitas *dump*, 100 ton).
- b) Komatsu HD 785-5 (kapasitas *dump*, 100 ton).

b. Area II Pengolahan dan Transportasi Batu Kapur (PTBK)

Di areal ini batu kapur dari *dumptruck* langsung ditumpahkan ke *hopper crusher* untuk pengolahan selanjutnya. PT. Semen Padang mempunyai 3 *crusher* yaitu *crusher* II, *crusher* IIIA, dan *crusher* IIIB. Kapasitas *crusher* II adalah 1200 ton/jam, *crusher* IIIA adalah 1300 ton/jam, dan *crusher* IIIB adalah 1700 ton/jam. Ukuran diameter batuan yang masuk ke *hopper crusher* maksimal 100 cm, dan ukuran yang dihasilkan pada proses pengolahan dan di kirim ke *storage* melalui *belt conveyor* adalah 3-5 cm. Lokasi *crusher* II, *crusher* IIIA, dan *crusher* IIIB.

8. Pelaksanaan Kegiatan Penelitian

Pada kegiatan penelitian di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang, penulis mengamati dan mengikuti kegiatan penambangan batu kapur. Selama penelitian penulis telah mengamati dan memperhatikan semua kegiatan penambangan yang dilakukan di Bukit Karang Putih PT. Semen Padang. Adapun kegiatan selama penelitian di PT. Semen Padang adalah:

a). *Land clearing* / persiapan area pemboran

Kegiatan persiapan areal pemboran meliputi:

- 1) Penentuan titik kebutuhan lubang bor untuk permintaan produksi.
- 2) Menentukan lokasi pemboran untuk lubang ledak sesuai dengan desain kemajuan lereng tambang.
- 3) Membersihkan areal *drilling* yang sudah dipastikan dengan *Bulldozer*.
- 4) Membuat titik lubang bor untuk petunjuk operator pemboran.

b). Pemboran (*drilling*)

Merupakan kegiatan pembuatan lubang ledak sebagai tempat meletakkan bahan peledak pada tahap peledakan nanti. Kegiatan pemboran ini menggunakan alat bor merek *Ingersoll Rand* yang diameter batang bor nya berukuran 5,5 – 6,5 *inch*. Kedalaman lubang bor ini sesuai dengan yang ditentukan pada perencanaan tambang (lebih kurang 7 m – 9 m). Pola pemboran yang diterapkan adalah pola zig – zag. Dengan spasi 5 m dan *burden* 4 m. Tahap kegiatan pemboran adalah sebagai berikut:

(a). Persiapan Pemboran

- 1) Meratakan areal yang akan dibor dengan menggunakan alat *bulldozer* supaya nantinya dalam proses pemboran tidak mengalami kesulitan dalam menentukan titik yang akan dibor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Bulldozer

- 2) Menentukan dan mengukur spasi dan *burden* dengan meteran sesuai dengan rencana/rancangan peledakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Pengukuran Burden dan Spasi

- 3) Pemberian tanda pada posisi yang telah ditentukan dengan batu kecil-kecil yang telah disusun di atas posisi yang telah ditentukan sebelumnya, dan beri tanda dengan menggunakan pita berwarna kuning. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Pemberian titik tanda bor

- 4) Periksa kesiapan alat yang digunakan dalam pemboran seperti memeriksa mata bor, kompresor, karburator, dan lain sebagainya.

(b). Pelaksanaan pemboran

Pelaksanaan pemboran di Bukit Karang Putih menggunakan alat bor *Ingerssol Rand DM 30 (DM 03)*, *Sandvik DP 1100 DM 05*, dan *Furukawa HCR 1500 ED II*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 9,10 dan 11 dibawah ini.



Gambar 9. Alat Bor *Sandvik DP 1100 DM 05*



Gambar 10. Alat Bor *Ingersoll Rand DM 30 (DM 03)*



Gambar 11. Alat Bor *Furukawa HCR 1500 ED II*

(c). Pemindahan alat bor

Apabila kegiatan pemboran sudah selesai, maka semua peralatan beserta alat berat yang ada di lokasi pemboran lubang ledak di jauhkan ke tempat yang dirasa aman. Jarak aman ± 300 meter dari lokasi peledakan.

c). Peledakan (*Blasting*)

a. Persiapan peledakan

Kegiatan peledakan merupakan kegiatan untuk memisahkan atau membongkar lapisan batuan dari masa batuan induknya. Proses peledakan dilakukan terlebih dahulu dengan mempersiapkan peralatan dan perlengkapan peledakan. Peralatan dan perlengkapan peledakan yang digunakan PT. Semen Padang antara lain sebagai berikut:

1) Peralatan peledakan

a) *ANFO mixer*

ANFO mixer adalah alat yang digunakan untuk mencampur *AN* dengan *FO* agar tercampur homogen. Alat ini didesain sendiri oleh PT.Semen Padang. Dapat dilihat pada gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. ANFO Mixer

b) *Blasting Machine (BM)*

Blasting Machine adalah alat pemicu untuk meledakan detonator listrik. Cara kerja BM pada umumnya didasarkan atas penyimpanan atau pengumpulan arus pada sejenis kapasitor dan arus tersebut dihentikan seketika pada saat yang dikehendaki. Pengumpulan arus listrik dapat dihasilkan melalui:

- (1) Tipe generator, yaitu pengumpulan energi listrik menggunakan gerakan mekanis dengan cara memutar engkol (*handle*) yang telah disediakan. Putaran engkol dihentikan setelah lampu indikator menyala yang menandakan arus sudah maksimum dan siap dilepaskan.
- (2) Tipe baterai, di mana pengumpulan energi listrik pada kapasitor menggunakan baterai setelah mengontakkan kunci kearah *starter*. Bila lampu indikator menyala berarti arus sudah terkumpul penuh dan siap dilepaskan.

Tipe generator digunakan apabila jumlah lubang ledak lebih dari 100. Dan tipe baterai digunakan apabila jumlah lubang ledak kurang dari 100, Blasting machine dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Blasting Machine (Beethoven MK 22/3 Exploder)

PT. Semen Padang

c) *Blastometer (BOM)*

Blastometer (BOM) adalah alat pengukur tahanan kawat listrik untuk keperluan peledakan. Ruas kawat yang harus diukur tahananannya adalah seluruh *legwire* dari sejumlah detonator yang digunakan, *connecting wire*, *bus wire*, dan kawat utama. Dengan demikian jumlah tahanan seluruh rangkaian dapat dihitung dan voltage BM dapat ditentukan setelah arus dihitung. *Blastometer* pada bagian kiri digunakan untuk mengukur tahanan pada lubang ledak yang lebih dari 100 lubang. *Blastometer* pada bagian kanan digunakan apabila jumlah lubang ledak kurang dari 100. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 14 dibawah ini.



Gambar 14. *Blastometer (B01999-1)*

d) Kawat Utama (*lead wire*)

Kawat utama berfungsi untuk menghubungkan kedua ujung detonator listrik pada rangkaian peledakan listrik ke *blasting machine* (BM) agar para juru ledak dapat mencari posisi yang cukup aman saat meledakan, dengan panjangnya minimal 300 meter. *Lead wire* PT. Semen Padang dapat dilihat pada gambar 15 di bawah ini.



Gambar 15. *Lead Wire* PT. Semen Padang

2) Perlengkapan peledakan

Perlengkapan peledakan adalah bahan-bahan pembantu peledakan yang hanya bisa dipakai pada satu kali peledakan, perlengkapan peledakan di PT. Semen Padang:

a) Detonator listrik

Detonator listrik adalah alat pemicu awal yang menimbulkan inisiasi dalam bentuk letupan sebagai bentuk aksi yang memberikan efek kejut terhadap bahan peledak peka detonator atau primer dengan menggunakan *Blasting Machine*.

b) *Nonel In Hole*

Nonel in hole digunakan sebagai *inhole delay detonators*. PT. Semen Padang menggunakan *nonel in hole* dengan *delay* 500 ms dengan panjang 9 m. Dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini.



Gambar 16. *Nonel In Hole*

c) *Nonel Connector*

Nonel connector, merupakan sumbu *nonel* yang dilengkapi detonator tunda (*surface delay*) pada blok pengikat (*bunch block*). PT. Semen Padang menggunakan *surface delay* 17 ms, 25 ms, 42 ms

dan 67 ms dengan panjang 6 m. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17. *Nonel connector*

d) *Booster* dan Dayagel

Booster adalah bahan peledak peka detonator yang dimasukkan ke dalam kolom lubang ledak berfungsi sebagai penguat energi ledak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 18 dibawah ini.



Gambar 18. Booster



Gambar 19. Dayagel

b. Pengadukan *Ammonium Nitrat* (AN) dan *Fuel Oil* (FO)

Tempat pengadukan AN dengan FO terletak di bagian luar gudang bahan peledak. Pengadukan menggunakan molen atau *ANFO mixing* dengan proses sebagai berikut:

- 1) *Ammonium Nitrat* (AN) yang telah diambil dari gudang bahan peledak dibawa ke tempat gudang *ANFO mixing*.
- 2) Setelah mesin dihidupkan AN dengan berat 25 kg (1 karung) ini dimasukkan ke dalam molen satu per satu. Satu orang pekerja sebagai operator molen dan yang lain bekerja membuka ikatan karung dan memasukkan AN ke dalam molen. Bersamaan dengan itu, ketika molen berputar secara teratur maka pipa penyalur solar secara teratur mengalir kedalam putaran molen tersebut dengan takaran yang telah ditentukan.
- 3) Takaran AN dan FO adalah 95,5 % AN : 4,5 % FO. Takaran ini didasarkan dari perbandingan berat keduanya. Dengan kata lain, setiap karung AN (25 kg) membutuhkan 1,5 kg solar atau setara dengan 1,875 liter solar.
- 4) Setelah diaduk rata, ANFO dimasukkan ke dalam karung.
- 5) Kemudian ANFO dan bahan peledak lainnya dibawa dengan mobil khusus pengangkut handak ke lokasi peledakan.

c. Pengangkutan ANFO (*Ammonium Nitrat Fuel Oil*)

Setelah pengadukan *Ammonium Nitrat* (AN) dan *fuel oil* (FO) selesai dilakukan. ANFO dibawa ke lokasi peledakan menggunakan *fuel truck* dan mobil operasional peledakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 20 dan 21 dibawah ini.



Gambar 20. Pengangkutan ANFO



Gambar 21. ANFO di lokasi Penambangan

d. Pengisian bahan peledak

Setelah dipastikan lubang ledak aman dari genangan air barulah dilakukan proses pengisian bahan peledak ke dalam lubang ledak (*charging*) sesuai dengan jumlah lubang ledak dan melakukan perangkaian

untuk siap diledakkan. Prosedur peledakan mulai dari awal hingga akhir antara lain :

- 1) Menancapkan detonator pada *powergel* untuk dijadikan *primer* atau menancapkan detonator pada *booster* dan memasukkan ke dalam lubang ledak.
- 2) Memasukkan *ANFO* sebanyak kurang lebih 50 kg (2 karung), dalam 1 karung *ANFO* terdapat 25 kg (kedalaman lubang bor 9 m)
- 3) Memasukkan *stemming* yang berasal dari *cutting* pemboran lubang ledak tersebut.



Gambar 22. Proses memasukkan ANFO dan *stemming*

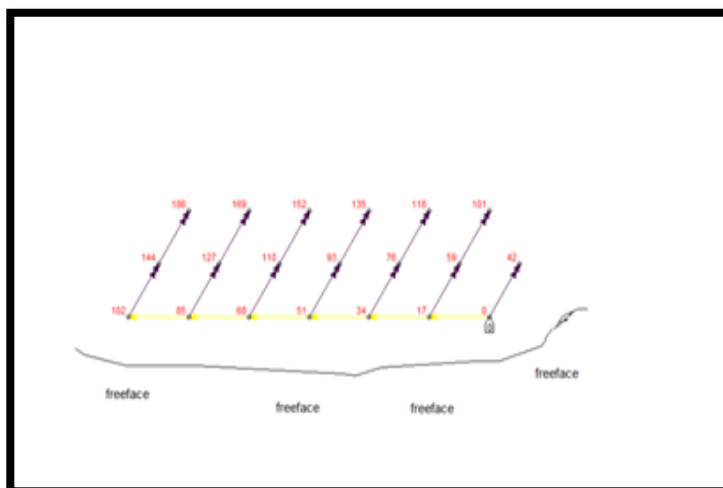
e. Perangkaian peledakan

Disarankan untuk lebih aman berada pada jarak 300 meter dari lubang ledak yang tersambung dengan alat *blasting machine*.



Gambar 23. Perangkaian Peledakan

f. Design Peledakan



Gambar 24. Design Peledakan

g. Pengukuran Getaran akibat Peledakan

Saat melakukan peledakan kita juga harus mengukur efek dari peledakan yaitu berupa getaran dan kebisingan akibat peledakan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan ambang batas gangguan getaran dan kebisingan pada manusia maupun getaran pada bangunan dan menggunakan alat *micromate*, dapat dilihat pada gambar 25 di bawah ini.



Gambar 25. Alat Pengukur Getaran (*Micromate*)

B. Dasar Teori

1. Geometri Peledakan

Geometri peledakan sangat berpengaruh dalam mengontrol hasil peledakan, karena jika geometri peledakannya baik akan menghasilkan fragmentasi batuan yang sesuai dengan ukuran alat peremuk, tanpa terdapat adanya bongkah, kondisi jenjang yang lebih stabil, serta keamanan alat-alat mekanis dan keselamatan para pekerja yang bekerja lebih terjamin.

Dalam operasi peledakan ada tujuh standar dasar geometri peledakan, yaitu :*burden*, *spacing*, *stemming*, *subdrilling*, kedalaman lubang ledak, panjang kolom isian dan tinggi jenjang.

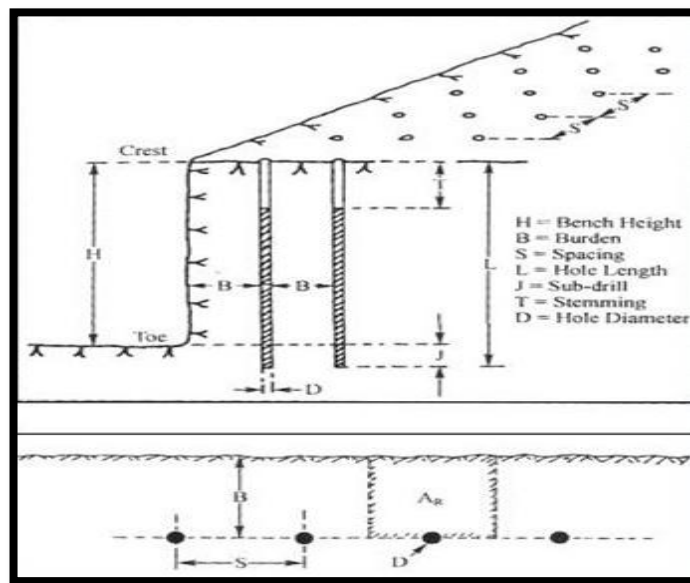
Untuk merancang suatu peledakan sehingga di peroleh hasil peledakan yang diharapkan ada beberapa parameter yang harus diperhatikan, antara lain:

a. Diameter lubang ledak.

Ukuran diameter lubang ledak merupakan faktor yang penting dalam merancang suatu peledakan, pemilihan lubang bor sangat tergantung terhadap tingkat produksi dan hasil fragmentasi yang di inginkan, ukuran diameter lubang ledak akan mempengaruhi dalam penentuan jarak *burden* dan jumlah bahan peledak yang digunakan pada setiap lubangnya. Semakin besar diameter bor, semakin tinggi pula produksinya. Namun, pada sisi lain *fragmentasinya* pun akan lebih besar. Semakin besar diameter bor, semakin dalam pula lubang yang di bor dan semakin banyak bahan peledak yang di

isikan perlubang sehingga dengan demikian getaran (*ground vibrating*) yang terjadi akan semakin besar.

Diameter lubang ledak juga berpengaruh terhadap panjang *stemming*. Untuk menghindari getaran (*vibrasi*) maupun batuan terbang (*flyrock*), apabila lubang ledak berdiameter besar maka *stemming* harus panjang sedangkan jika lubang ledak berdiameter kecil maka *stemming* menjadi pendek. Namun dalam hal ini panjang *stemming* juga dapat mempengaruhi *fragmentasi* batuan hasil peledakan, *stemming* yang terlalu panjang dapat mengakibatkan terbentuknya bongkah apabila energi ledakan tidak mampu untuk menghancurkan batuan di sekitar *stemming* tersebut, dan *stemming* yang terlalu pendek bisa mengakibatkan terjadinya batuan terbang dan pecahnya batuan menjadi lebih kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 26 dibawah ini.



Gambar 26. Geometri Peledakan

Dalam mencari besaran geometri peledakan jenjang, ada beberapa persamaan yang dapat dipakai, bagian-bagian dari geometri peledakan, yaitu:

a. Burden (B)

Burden merupakan jarak tegak lurus terpendek antara lubang tembak yang diisi bahan peledak dengan bidang bebas atau ke arah mana batuan hasil peledakan akan terlempar. Jarak *burden* yang baik adalah jarak aman dimana energi ledakan bisa menekan batuan secara maksimal sehingga pecahnya batuan dapat sesuai dengan fragmentasi batuan yang direncanakan dengan mengupayakan sekecil mungkin terjadinya *flyrock*, bongkah, dan retaknya batuan pada batas akhir jenjang.

b. Spacing (S)

Spacing adalah jarak antara lubang ledak yang satu dengan lubang ledak yang lainnya dalam satu baris. Harga *spacing* sangat tergantung dari harga *burden*.

c. Stemming (T)

Stemming adalah bagian lubang ledak yang tidak berisi bahan peledak, tetapi diisi dengan material seperti *cutting* dan material lepas lainnya yang berada di atas kolom isian bahan peledak. Fungsi utama dari *stemming* ini adalah untuk mengurung gas-gas hasil proses peledakan agar dapat terdistribusi secara maksimal sekeliling lubang ledak. Panjang

stemming juga tergantung dari nilai *burden*. Pengaruh yang akan timbul apabila panjang *stemming* tidak tepat, adalah :

- 1) Apabila *stemming* terlalu panjang maka akan menimbulkan bongkahan setelah proses peledakan.
- 2) Apabila *stemming* terlalu pendek, maka akan mengakibatkan *over break*.

d. *Subdrilling* (J)

Subdrilling adalah kelebihan kedalaman yang terdapat di bawah batas *floor* jenjang. Tujuan utama dibuatnya *subdrilling* ini adalah supaya batuan dapat meledak secara *full face* yang sesuai harapan dan menghindari adanya *toe*. Masalah yang akan terjadi apabila penggunaan kolom *subdrilling* kurang tepat adalah:

- 1) Apabila *subdrilling* terlalu panjang maka akan mengakibatkan cekungan pada lantai jenjang.
- 2) Apabila *subdrilling* yang dipakai terlalu pendek maka akan menimbulkan tonjolan-tonjolan (*toe*).

e. Kedalaman lubang ledak (H)

Kedalaman lubang ledak merupakan kedalaman lubang ledak yang akan diledakkan yang merupakan perjumlahan antara tinggi jenjang dengan *subdrilling*. Kedalaman lubang ledak yang akan dibuat tidak boleh lebih kecil dari *burden*. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya *overbreak*. Kedalaman lubang ledak dapat ditentukan

berdasarkan geometri peledakan atau dapat juga disesuaikan dengan ketinggian jenjang yang ada. Bila ditentukan berdasarkan geometri peledakan atau dapat juga disesuaikan dengan ketinggian jenjang yang ada.

Terdapat berbagai cara untuk menghitung geometri peledakan yang telah diperkenalkan oleh berbagai ahli, antara lain Anderson (1952), Pearse (1955), R.L. Ash (1963), Langefors (1978), Konya (1972), Foldesi (1980), Olofsson (1990), Rustan (1990), dan lainnya. Geometri Peledakan yang akan dibahas adalah menurut R.L Ash dan ICI *Explosive*. Berikut adalah klasifikasi rumus geometri menurut para ahli peledakan :

a) Geometri Peledakan Menurut R.L. Ash

1) Burden

$$B = \frac{Kb \times De}{12}$$

$$Kb = Kb_{\text{standard}} \times Af_1 \times Af_2$$

Dimana :

AF_1 = Faktor penyesuaian terhadap bahan peledak $^{1/3}$

$$Af_1 = \left[\frac{SG \text{ handak} \times (VOD)^2}{SG \text{ handak std} \times (VOD)^2} \right]$$

AF_2 = Faktor penyesuain terhadap densitas batuan

$$Af_2 = \left[\frac{SG \text{ Batuan std}}{SG \text{ Batuan}} \right]^{1/3}$$

2) Spacing (S)

$$S = K_s \times B$$

Harga nisbah *spacing* (K_s) berkisar antara 1,0 – 2,0.

3) Stemming (T)

$$T = K_t \times B$$

Harga nisbah *stemming* (K_t) adalah berkisar antara 0,7-1.

4) Subdrilling (J)

$$S = K_s \times B$$

Harga nisbah *stemming* (K_t) adalah berkisar antara 0,2-0,4. Tujuan utama dibuatnya *subdrilling* ini adalah supaya batuan dapat meledak secara *full face* yang sesuai harapan dan menghindari adanya toe atau undulasi.

5) Kedalaman Lubang Ledak (H)

$$H = K_h \times B$$

Harga nisbah adalah berkisar antara 1,5-4,0.

6) Tinggi Jenjang/Bench High (L)

$$L = H - S$$

7) Tinggi Charging (PC)

$$PC = H - T$$

(Sumber: Tim IWPL Pertambangan Umum)

b) Geometri Peledakan Menurut ICI Explosive

Salah satu cara merancang geometri peledakan dengan “coba-coba” atau *trial and error* atau *rule of thumb* yang akan diberikan adalah dari ICI Explosives. Tinggi jenjang (H) dan diameter lubang ledak (d) merupakan pertimbangan pertama yang disarankan.

Cara ini menitikberatkan pada alat yang tersedia atau yang akan dimiliki, kondisi batuan setempat, peraturan tentang batas maksimum ketinggian jenjang yang diijinkan Pemerintah, serta produksi yang dikehendaki. Selanjutnya untuk menghitung parameter lainnya sebagai berikut:

- 1) Tinggi jenjang (H) : Secara empiris $H = 60d - 140d$
- 2) *Burden* (B) antar baris; $B = 25d - 40d$
- 3) *Spasi* antar lubang ledak sepanjang baris (S); $S = 1B - 1,5B$
- 4) *Subgrade / subdrilling* (J) $= 8d - 12d$
- 5) *Stemming* (T); $T = 20d - 30d$
- 6) *Powder Faktor* (PF)

$$PF = \frac{\text{Berat bahan peledak}}{\text{Volume Batuan}} = \frac{(\text{Berat/m}) \times (\text{Panjang Isian})}{(B \times S \times H)}$$

(Sumber: Tim IWPL Pertambangan Umum)

2. Pola Pemboran

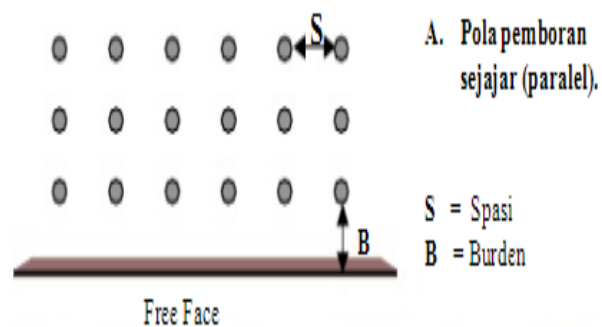
Pola pemboran yang biasa diterapkan pada tambang terbuka biasanya menggunakan pola pemboran yaitu :

Pola Pemboran Dalam penambangan suatu bahan galian yang keras dan kompak, pemberaiannya dilakukan dengan cara pemboran dan peledakan. Keberhasilan salah satunya terletak pada ketersediaan bidang bebas (*free face*) yang mencukupi. Minimal dua bidang bebas (*free face*) yang harus ada pada peledakan. Peledakan dengan hanya ada satu bidang bebas (*free face*), disebut crater blasting, akan menghasilkan kawah dengan lemparan fragmentasi ke atas dan tidak terkontrol. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, dibuat 2 bidang bebas, yaitu :

- a. Dinding bidang bebas, dan
- b. Puncak jenjang (*top bench*).

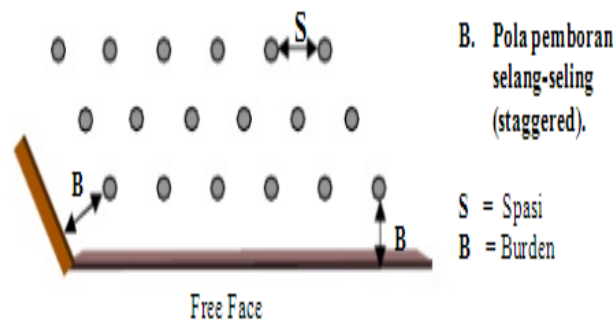
Selanjutnya terdapat tiga pola pemboran yang mungkin dibuat teratur, yaitu :

- 1) Pola bujursangkar (*square patterm*), yaitu jarak burden dan spasi yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 27 dibawah ini.



Gambar 27. Pola bujur sangkar

2) Pola Pemboran Selang-Seling (*Staggered Pattern*) *Staggered Pattern* adalah pola pemboran yang penempatan lubang ledak pada baris yang berurutan tidak saling sejajar dan untuk *staggered pattern* yang mana panjang burden tidak sama dengan panjang spasi disebut *staggered rectangular pattern*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 28 dibawah ini.



Gambar 28. Pola Pemboran Selang-Seling (*Staggered Pattern*)

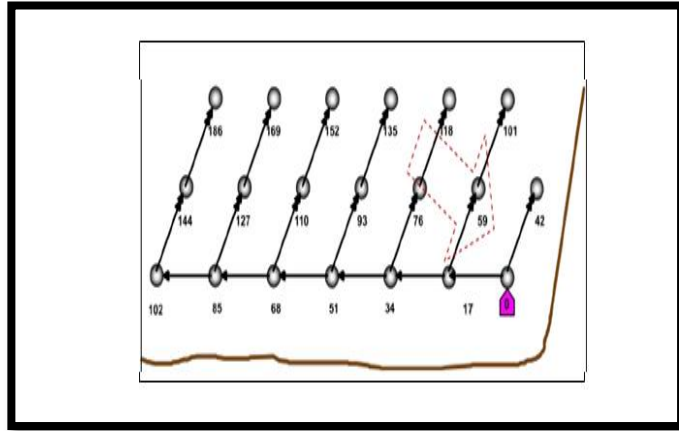
3. Pola Peledakan

Pola peledakan merupakan urutan waktu peledakan antara lubang-lubang bor dalam satu baris dengan lubang bor pada baris berikutnya, atau pun antara lubang bor yang satu dengan lubang bor yang lainnya. Pola peledakan ini ditentukan berdasarkan urutan waktu peledakan serta arah runtuh material yang diharapkan.

Apabila pola peledakan tidak tepat atau seluruh lubang diledakkan sekaligus, maka akan terjadi sebaliknya yang merugikan, yaitu peledakan yang mengganggu lingkungan dan hasilnya tidak efektif dan tidak efisien. Beberapa pola peledakan yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

a. Pola Peledakan *Corner Cut (Echelon)*

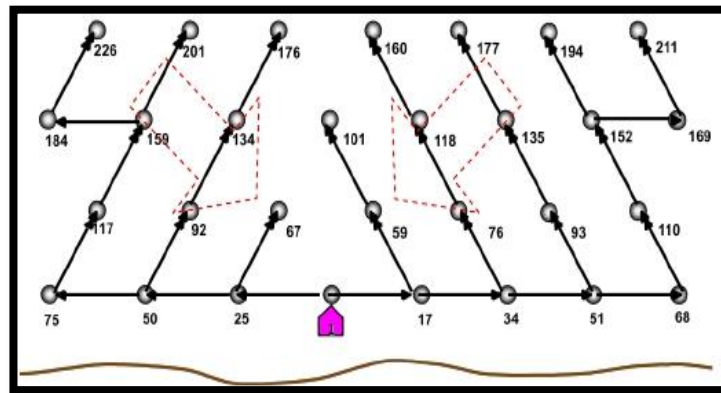
Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki tiga Bidang bebas (*free face*), arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola peledakan ini adalah kearah pojok (*corner*).



Gambar 29. Pola Peledakan Corner Cut (Echelon)

b. Pola Peledakan *V-Cut*

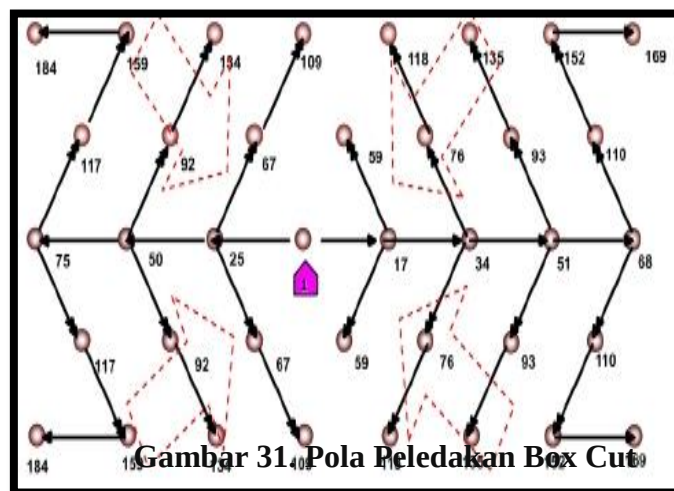
Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang memiliki dua bidangbebas (*free face*), arah lemparan hasil peledakan dengan menggunakan pola ini adalah kearah tengah (*center*) dengan pola peledakan menyerupai huruf V.



Gambar 30. Pola Peledakan V-Cut

c. Pola Peledakan *Box Cut*

Pola peledakan ini diterapkan untuk lokasi peledakan yang hanya mempunyai satu bidang bebas (*free face*) yakni permukaan yang bersentuhan langsung dengan udara ke arah vertical. Pola peledakan ini bertujuan untuk menghasilkan bongkahan awal seperti kotak (*box*) dengan *control row* ditengah-tengah membagi dua rangkaian.



Gambar 31. Pola Peledakan Box Cut

4. Waktu Tunda (*delay time*)

Waktu tunda merupakan penundaan waktu peledakan antara baris depan dengan baris dibelakangnya atau antar lubang ledak dengan menggunakan *delay detonator*. Pemakaian waktu tunda yang optimum pada suatu rancangan peledakan tergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- 1) Sifat massa batuan (*rock mass properties*)
- 2) Geometri peledakan
- 3) Karakteristik bahan peledak
- 4) Sistem penyalaan
- 5) Efek peledakan yang diijinkan
- 6) Hasil peledakan yang diinginkan

Keuntungan melakukan peledakan dengan waktu tunda ialah :

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

Tujuan penyalaan dengan waktu tunda adalah untuk mengurangi jumlah muatan yang meledak dalam waktu 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.

Bila waktu tunda antar baris terlalu pendek maka beban muatan dalam baris depan akan menghalangi pergeseran dari baris berikutnya, sehingga kemungkinan material pada baris kedua akan tersembur ke arah vertikal membentuk tumpukan. Akibatnya tumpukan material hasil peledakan (*muckpile*) menjadi sangat tinggi dan akan menyulitkan kegiatan pemuatan.

Tetapi bila waktu tundanya terlalu lama, maka hasil bongkahan akan terlempar jauh ke depan serta kemungkinan besar akan terjadi *flyrock*. Hal ini disebabkan karena tidak ada dinding batuan yang berfungsi sebagai penahan lemparan batuan di depannya.

PT. Semen Padang menggunakan *surface delay* 17 ms, 25 ms, 42 ms dan 67 ms dengan panjang 6 m. Waktu tunda yang diterapkan dapat berupa *surface delay* (waktu tunda pada satu baris dan waktu tunda antar baris) dan *in-hole delay*.

1) Waktu tunda pada satu baris (*intra-row delay*)

Dalam pelaksanaannya hal ini dilakukan untuk mendapatkan tingkat fragmentasi, pemindahan (*displacement*), mengurangi *overbreak* dan tingkat getaran yang diinginkan.

2) Waktu tunda antar baris (*inter-row delay*)

Penerapan waktu tunda ini sama penting dengan *intra-row-delay* dalam usaha mengontrol hasil peledakan secara keseluruhan. Rancangan peledakan yang menerapkan banyak baris menggunakan waktu tunda antar baris karena *burden* pada tiap lubang ledak membutuhkan waktu untuk bergerak sesudah

detonasi untuk membuat bidang bebas baru, sedangkan penerapan waktu tunda yang tidak cukup akan mengurangi unjuk kerja peledakan (*blast performance*), *flyrock* dan *overbreak*.

3) Waktu tunda dalam lubang ledak (*In-hole delay*)

Penerapan *in-hole delay* yang tepat dapat meminimalkan terjadinya *cut off* selama peledakan dan mengijinkan pemakaian *inter-row delay* yang panjang yang akhirnya akan diperoleh unjuk kerja peledakan yang optimal. Pemakaian *in-hole delay* yang optimal adalah tiga sampai lima kali waktu tunda dipermukaan yang terlama. Penentuan waktu tunda yang dibutuhkan untuk pergerakan batuan hasil peledakan dapat digunakan rumusan sebagai berikut:

$$T = k \times B$$

keterangan :

T= waktu tunda antar baris (ms)

k= konstanta waktu antar baris, antara 6,5 ms/m – 11,5 ms/m *burden*.

5. Getaran Tanah (*Ground Vibration*)

Getaran tanah adalah gelombang yang bergerak di dalam tanah yang disebabkan oleh 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 elastis. Di daerah ini tegangan yang diterima material lebih kecil

dari kuat material sehingga hanya menyebabkan perubahan bentuk dan volume. Sesuai dengan sifat elastic material maka bentuk dan volume akan kembali ke keadaan semula setelah tak ada tegangan yang bekerja. Perambatan tegangan pada daerah elastis akan menimbulkan gelombang elastic. Getaran tanah ini pada tingkat tertentu bisa menyebabkan terjadinya kerusakan struktur di sekitar lokasi peledakan. Karena itu keadaan bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh operasi peledakan tidak bisa diabaikan.

Ground vibration peledakan dipengaruhi dua faktor utama, yaitu faktor yang dapat dikontrol dan yang tidak dapat dikontrol. Yang dimaksud faktor yang tak dapat dikontrol adalah faktor geologi dan geomekanik batuan. Dan berikut ini adalah faktor yang dapat dikontrol yang mempengaruhi vibration.

a. Geometri

1) Geometri Pemboran

a). Diameter Pemboran

Diameter pemboran dapat mempengaruhi fragmentasi, suara ledakan, batu terbang, dan getaran tanah. Diameter suatu lubang ledak akan mempengaruhi jumlah isian bahan peledaknya. Untuk menghindari batu terbang dan getaran tanah pada lubang yang berdiameter besar, maka *stemming* juga harus tinggi.

b). Kemiringan Lubang Ledak

Kemiringan lubang ledak ada dua macam, yaitu lubang ledak tegak dan lubang ledak miring. Pada lubang ledak tegak, gelombang tekan

yang dipantulkan oleh bidang bebas lebih sempit, sehingga akan terjadi kehilangan gelombang tekan kesamping, tekanan gelombang lebih banyak ke bawah, sehingga akan menyebabkan tonjolan. Pada penelitian ini hanya dilakukan lubang ledak tegak.

c). Pola Pemboran

Ada dua macam pola pemboran, yaitu pola pemboran sejajar dan pola pemboran selang seling. Pola pemboran sejajar adalah pola dengan penempatan lubang bor yang sejajar pada setiap kolomnya. Sedangkan pola pemboran selang-seling adalah pola dengan penempatan lubang bor secara berselang seling pada setiap kolomnya. Pada penelitian ini hanya dilakukan pola pemboran selang-seling.

2) Geometri Peledakan

Geometri peledakan akan mempengaruhi jumlah bahan peledak yang akan digunakan, energi peledakan yang akan dihasilkan, serta penyaluran energi peledakan tersebut.

a. Pola Peledakan

Pola peledakan yang digunakan juga akan mempengaruhi nilai getaran peledakan yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan pola peledakan akan mempengaruhi jumlah lubang ledak yang meledak bersamaan. Pola peledakan yang dapat memastikan tidak adanya lubang yang meledak secara bersamaan adalah pola *hole by hole*.

b. Jumlah Muatan Bahan Peledak Perwaktu Tunda

Besarnya vibrasi yang dihasilkan peledakan dipengaruhi oleh jumlah muatan berat total bahan peledak per waktu tunda. Besar kecilnya *Intensitas Ground Vibration* akan tergantung kepada jumlah berat bahan peledak maksimum yang meledak secara bersamaan pada interval waktu (lamanya interval waktu adalah 8 ms). Jadi, lubang-lubang tembak yang mempunyai selisih waktu meledak kurang dari sama dengan 8 ms, dianggap meledak bersamaan. Jumlah muatan total handak yang dianggap meledak bersamaan ini merupakan muatan bahan peledak per waktu tunda, besaran vibrasi yang dihasilkan akan semakin meningkat tetapi hubungan ini bukan merupakan hubungan yang sederhana, misalnya muatan dua kali lipat jumlahnya tidak menghasilkan getaran yang dua kali lipat.

c. Jarak Dari Lokasi Peledakan

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

d. Arah Peledakan

Pada intinya setiap peledakan akan menghasilkan getaran peledakan tertentu. Namun, getaran maksimal dari peledakan ini dapat

diarahkan perambatannya dengan memanfaatkan arah peledakan yang dapat dikontrol dengan penentuan titik inisiasi. Pada prinsipnya, arah peledakan diusahakan menjauhi daerah target, sehingga dapat mengurangi getaran peledakan yang dirasakan pada daerah target tersebut.

e. Sifat bahan peledak

Kekuatan, kecepatan detonasi, kepekaan, bobot isi bahan peledak, tekanan detonasi, dan ketahanan terhadap air.

f. Waktu Tunda (*delay time*)

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

Sedangkan faktor yang tidak dapat dikontrol yang mempengaruhi tingkat *ground vibration* yang dihasilkan adalah:

a. Karakteristik masa batuan

Semakin tinggi tingkat kekerasan batuan, maka akan semakin sukar batuan tersebut dihancurkan, demikian juga dengan batu yang memiliki kerapatan tinggi.

- 1) Elastisitas adalah sifat yang dimiliki batuan untuk kembali ke bentuk atau keadaan semula setelah gaya yang diberikan kepada batuan tersebut hilang. Batuan akan hancur apabila diberikan regangan yang melewati batas elastisitasnya.
- 2) Abrasifitas batuan merupakan suatu parameter batuan yang mempengaruhi keausan/umur dari matabor.
- 3) Kecepatan perambatan gelombang pada setiap batuan berbeda. Semakin tinggi kecepatan rambat gelombang pada suatu batuan, maka diperlukan bahan peledak yang memiliki energi yang tinggi pula agar dapat menghancurkan batuan tersebut.

b. Struktur Geologi

Struktur Geologi yang ada yaitu, kekar, bidang sesar dan hancuran atau breaksiasi. Gejala struktur geologi atau bantuan untuk mengarah ke terjadinya struktur geologi yang lain adalah kelurusan sungai, mata air dan lubuk-lubuk yang dalam.

c. Pengaruh air

Kerusakan isian bahan peledak dikarenakan adanya air dapat mengurangi kecepatan reaksi bahan peledak, sehingga akan mengurangi energi peledakan, atau bahkan isian akan gagal meledak.

6. Teori Analisis Vibrasi

a. Hukum *Scaled Distance*

Scale Distance adalah parameter untuk dimensi jarak. *Scale distance* dinyatakan sebagai perbandingan antara jarak dan isian bahan peledak yang mempengaruhi hasil getaran. Jika isian lubang (ratio perbandingan panjang dan diameter lebih dari 6), gelombang akan dirambatkan di depan lubang bor. *Scale distance*, $d/W^{1/2}$. W total berat bahan peledak yang meledak per delay sedangkan d merupakan jarak dari alat perekam terhadap lokasi peledakan. Rumus di atas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$PPV = \left(K \left(\frac{d}{W^{1/2}} \right)^m \right)^{1/n}$$

(sumber: Dwihandoyo Marmer, 2013:20)

Keterangan:

PPV = *peak particle velocity* (mm/s),

D = Jarak dari *recorder* ke lokasi peledakan,

W = Total berat bahan peledak per minimum 8ms/delay,

K,m = Konstanta,

$$\frac{d}{W^{1/2}} = \text{Square root scale distance untuk isian lubang ledak (m/kg}^{1/2}\text{)}$$

Konstanta K dan m disebut sebagai faktor tempat (*site factor*). K adalah garis batas hubungan pada saat SD =1. Nilai tersebut menyatakan energi yang ditransferkan dari bahan peledak ke batuan sekitarnya. Berkurangnya nilai *Peak Particle Velocity* dipengaruhi geometri penyebaran dan pengaruh dari karakteristik batuan disebut sebagai *slope factor*.

1) *Scaled Distance Chart*

Scaled distance chart dapat dibuat pada grafik log-log untuk bermacam-macam harga dari *scaled distance*. Dengan diketahuinya harga *Scaled Distance*, dapat ditentukan jumlah muatan bahan peledak untuk bermacam-macam jarak yang aman.

2) *Prediksi Getaran*

Prediksi dasar *peak particle velocity* dapat dicapai dengan menggunakan *Oriard's formula*, sebagai berikut:

$$PPV = K \times (D/W^{0,5})^m$$

(sumber: Dwihandoyo Marmer, 2013:20)

Keterangan:

PPV = *Peak particle velocity* (mm/s)

SD = *Scale distance* (m/kg^{1/2})

K = *Confinement factor*

Untuk mengkalkulasikan faktor K, menggunakan formula seperti rumus dibawah ini:

$$K = \frac{PPV}{\sqrt{W^{1/2}}}$$

(sumber: Tim IWPL Pertambangan Umum)

Peraturan *scale distance* menunjukkan kondisi-kondisi dimana pekerjaan peledakan tidak boleh dilakukan. Pengaturan kembali hukum *scaled distance* tidak lagi sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan operasi. Pengaturan ini didasarkan pada alasan bahwa tingkat getaran akibat getaran selalu berada dalam batas aman. Pernyataan tersebut diatas dapat dan harus dibuktikan oleh pengukuran *ground vibration*. Dengan diperolehnya hubungan ini, maka ditetapkan suatu ketentuan mengenai jumlah bahan peledak yang diperbolehkan meledak per waktu tunda pada jarak tertentu sehingga tidak terjadi kecepatan puncak partikel yang melebihi harga yang diinginkan. Cara pengaturan *scale distance value*, yang dipergunakan yaitu *Particle Velocity vs Scaled Distance value* dari data.

7. Pengukuran *Ground Vibration* dengan Metoda *Peak Particle Velocity*

Pengukuran *ground vibration* merupakan suatu hal yang sangat penting dan harus menjadi perhatian dikarenakan mempunyai dampak yang serius bagi lingkungan sekitar daerah kegiatan peledakan tersebut. Dengan adanya data pengukuran *ground vibration* pada setiap kali kegiatan peledakan dapat diketahui sejauh mana tingkat getaran tanah yang terjadi setiap dilaksanakan peledakan tersebut, sehingga dapat dievaluasi kegiatan peledakan apakah telah memenuhi standar tingkat getaran yang ditetapkan atau sebaliknya.

8. Standar *Ground Vibration* (Getaran Tanah)

Dalam perkembangannya, Indonesia kini telah memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk tingkat getaran peledakan pada kegiatan tambang terbuka terhadap bangunan yaitu SNI 7571:2010 yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Dengan SNI 7571:2010 perusahaan tambang terbuka di Indonesia telah memiliki acuan untuk mengontrol efek dari kegiatan peledakan yang dilakukan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini.

TABEL 4.**SNI 7571:2010**

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

*Sumber: BSNI 2010***9. Kriteria Vibrasi****a. Kriteria Vibrasi Mengacu Pada SNI 7571:2010**

Berdasarkan kriteria aman yang ditetapkan menurut SNI 7571:2010, maka bangunan yang berada disekitar lokasi peledakan termasuk bangunan kelas 2 “Bangunan dengan pondasi, pasangan bata dan adukan semen saja, termasuk bangunan dengan pondasi dari kayu dan lantainya diberi adukan semen” dengan nilai *Peak Particle Velocity* 3 mm/s.

b. Kriteria Vibrasi diterapkan oleh PT. Semen Padang

Berdasarkan lokasi peledakan yang dekat dari permukiman oleh karena itu PT. Semen menggunakan nilai standar vibrasi yang terkecil untuk mengantisipasi terjadinya hal buruk yang tidak diinginkan, Oleh sebab itu PT. Semen Padang menggunakan nilai PPV= 2 mm/s. Nilai *Peak Particle Velocity* (PPV) dari kegiatan peledakan yang dilakukan dibawah 2 mm/detik pada jarak 500 meter.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan:

1. Pada rancangan peledakan PT. Semen Padang saat ini menggunakan pola rangkaian Corner Cut dengan isian 50 kg/lubang, dengan nilai PPV yang masih ada diatas standar 2 mm/s.
2. Dari hubungan nilai *PPV* dan *Scaled Distance* diperoleh persamaan $y = 46,04x^{-0,77}$, untuk mendapatkan nilai PPV dibawah 2 mm/s dengan jarak 500 meter maka dibutuhkan *isian prediksi* yang meledak per *delay* sebanyak 72,446 kg ANFO 0,8.
3. Dengan didapkannya isian prediksi sebanyak 72,446 kg dan isian aktual dilapangan 50 kg berarti untuk isian bahan peledak masih berada dalam keadaan aman.
4. Setelah 9 kali percobaan dengan masing-masing 3 pola rangkaian peledakan didapatkan nilai PPV rata-rata pada pola Corner cut 2,78 mm/s, Box cut 2,25 mm/s dan V-cut 0,99 mm/s.
5. Setelah melalui beberapa percobaan untuk mendapatkan nilai standar yang ditetapkan oleh PT. Semen Padang yaitu 2 mm/s ternyata pola peledakan V-Cut memiliki nilai dibawah standar vibrasi yang telah ditetapkan oleh PT. Semen Padang tersebut.

B. Saran

1. Sebaiknya PT. Semen Padang lebih memperhatikan dalam pengisian ANFO ke dalam lubang ledak agar sesuai dengan jumlah yang telah ditetapkan.
2. Untuk kedepanya kegiatan peledakan di Front I PT. Semen Padang sebaiknya memakai pola rangkaian V-Cut untuk mencapai nilai standar vibrasi yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2013), "Panduan Tugas Akhir Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Negeri Padang, <http://pertambangan.ft.unp.ac.id/wp-content/uploads/2013/05/PANDUAN-TUGAS-AKHIR-TA-S1-Teknik-Pertambangan.pdf>, diakses tanggal 3 Juli 2015.
- Anonim.2013."DiklatTeknikPemberaian Batuan pada Penambangan Bahan Galian", Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung
- BadanStandarNasionalIndonesiaSNI7571:2010.2010.Baku Tingkat Getaran Peledakan Tambang. Jakarta
- Ensiklopedi Pertambangan Indonesia: (2005). Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara.
- Ferry Fadhly.2014,"Analisis*GroundVibration*padaKegiatanPeledakandengan Metode*Peak Particle Velocity*Beserta PengaruhnyaTerhadapBangunan diPT.PamapersadaNusantaraDistrikMTBU JobsiteTanjung Enim". Skripsi S1 Jurusan Teknik Pertambangan,Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
- S.Koesnaryo.2001."RancanganPeledakanBatuan" .TeknikPertambangan Fakultas Teknologi Mineral UniversitasPembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta
- Vikri Helmi. 2015. "Analisis PenguranganTingkat*Ground Vibration*pada KegiatanPeledakan *Overburendi*PIT14UtaraPT.MadhaniTalatahNusantara*Jobsite* Kayan Putra Utama Coal(KPUC) Desa SepariKecamatanTenggarong Seberang, Provinsi KalimantanTimur". Skripsi S1 Jurusan Teknik Pertambangan,Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
- Tim Pengelola IWPL Pertambangan Umum .1996 . Supervisory Teknik Peledakan .Bandung : ITB
- Pusdiklat TMB. 2004. *Modul Juru Ledak kelas II*. Bandung: DISTAMBEN RI
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1996, Nomor Kep-49/MENLH/11/1996 Tentang Baku Tingkat Getaran, Sekretaris Menteri Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Dwihandoyo Marmer, 2012, Makalah Short Course Ground Vibration, Getaran dan Airblast Peledakan, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2010, Baku Tingkat Getaran Peledakan Pada Kegiatan Tambang Terbuka Terhadap Bangunan, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.