

**Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral**

**KESAN GEGARAN BUMI DAN LEDAKAN UDARA  
TERHADAP ALAM SEKITAR  
AKIBAT DARIPADA AKTIVITI PELETUPAN**

oleh

**TAN LAI TEE**

Penyelia: Ir. Dr. Mior Termizi B Mohd Yusof

Disertasi ini diserahkan untuk memenuhi sebahagian syarat  
keperluan bagi ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan dengan kepujian  
(Kejuruteraan Sumber Mineral)

Universiti Sains Malaysia

MAC 2005

## ABSTRAK

Gaya pembangunan negara kita yang semakin pesat telah mencecah tahap di mana operasi penggalian dari kuari-kuari perlu dimajukan lagi untuk memperbaiki keberkesanan dalam penggalian batu-batan. Operasi yang terpenting dalam bidang pengkuarian adalah aktiviti penggerudian dan peletupan yang berpotensi tinggi menghasilkan kesan-kesan terhadap alam sekitar iaitu kesan gegaran bumi, batu terpelanting, ledakan udara, habuk dan gas. Kajian ini memperihalkan kesan gegaran bumi dan ledakan udara terhadap alam sekitar yang berkenaan dengan aktiviti peletupan. Objektif kajian ini adalah untuk meninjau penggunaan dan pengendalian bahan letupan di kuari dan mendapatkan pemalar-pemalar lapangan yang terlibat. Data-data berkaitan dengan peletupan yang dijalankan telah diukur dengan menggunakan alat pengukuran gegaran *blastmate* dan *blastronic*. Tahap gegaran bumi di tempat kajian adalah rendah di mana pemalar  $\beta=1.5323$  dan pemalar  $k=525.9$ . Purata tahap ledakan udara ukuran iaitu 110.93 dBL juga adalah rendah jika dibandingkan dengan had yang ditetapkan oleh pihak berkuasa. Walaupun pengoperasian kuari telah dijalankan mengikut segala perundangan yang berkaitan namun potensi kesan-kesan alam sekitar tetap wujud. Memandangkan adalah tidak mungkin untuk elakkannya, jadi cara yang terbaik adalah mengawal dan mengurangkan tahap kesan-kesan alam sekitar tersebut. Kerjasama antara semua pihak yang terlibat memainkan peranan yang sangat penting dalam menjayakan usaha ini.

**TITLE: ENVIRONMENTAL IMPACTS  
OF VIBRATION AND AIRBLAST FROM BLASTING**

**ABSTRACT**

Our country development pace has reached a stage whereby the quarry operators must improve its operational efficiency in the excavation of rocks due to constraints posed by the environmental requirements and the authority. The most important activities in the excavation operation in quarrying are drilling and blasting where the environmental impacts posed are ground vibration, noise, fly rock, dust and gases. So this project would emphasize the effect of ground vibration and noise on the environment pertaining to granite quarry operators. The objectives of this project are to observe the usage and handling of explosive at the quarry and to determine the related field coefficients for the calculation of ground vibration which result from blasting activities. Data from the quarry operator and the vibration level are measured by using *blastmate* and *blastronic*. The ground vibration is low where the site constant of  $\beta=1.5323$  and  $k=525.9$ . The average observed noise level of 110.93 dBL is also low comparing to the standard level determined by the authorities. Even though the operating quarry followed all the laws and regulations required but still chances of environmental impacts are there. As there is no way to prevent it so the best way is to control and minimize the level of the environmental impacts. These can be done perfectly with the cooperation of all the parties that involved.

## PENGHARGAAN

Pertama sekali, penulis ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan jutaan penghargaan dengan sepenuh hatinya kepada penyeliannya iaitu Ir. Dr. Mior Termizi Bin Mohd Yusof di atas segala bimbingan, dorongan, nasihat, tunjuk ajar dan pengaturan yang telah dikemukakan dan diberikan kepada penulis sepanjang tempoh kajian ini dijalankan.

Seterusnya penghargaan ini juga ditujukan kepada para pensyarah dan juruteknik dari Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral yang memberikan bantuan, sokongan dan kerjasama yang sepenuhnya ketika kajian ini dilakukan terutamanya peminjaman alat-alat pengukuran untuk mengambil data-data berkenaan.

Di samping itu, penulis juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada Encik Vincent Chew Kim Fatt selaku pengurus pengeluaran dari Kuad Sdn Bhd, Encik Chiu Chee Wai dan Encik Ahmad Zakri Bin Othman yang telah membenarkan penulis dan penyeliannya mengambil data-data peletupan serta membekalkan maklumat-maklumat yang berkaitan.

Akhir sekali, penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada rakan-rakan sepejuangan serta keluarganya yang telah banyak membantu penulis dalam menyiapkan kajian ini sama ada dari segi sokongan, dorongan, bimbingan, tunjuk ajar, kewangan, kerjasama mahupun pengorbanan masa mereka.

Terima kasih.

## SENARAI KANDUNGAN

	MUKA SURAT
<b>ABSTRAK</b>	ii
<b>ABSTRACT</b>	iii
<b>PENGHARGAAN</b>	iv
<b>SENARAI KANDUNGAN</b>	v
<b>SENARAI JADUAL</b>	viii
<b>SENARAI RAJAH</b>	ix
<b>1.0 PENGENALAN</b>	1
1.1 OBJEKTIF KAJIAN	3
<b>2.0 SOROTAN LITERATUR</b>	5
2.1 PENGENALAN	5
2.2 PERUNDANGAN BERKAITAN	6
2.3 BAHAN LETUPAN	10
2.3.1 Sifat-sifat Bahan Letupan	17
2.3.2 Pengangkutan Bahan Letupan	20
2.4 PELETUPAN	24
2.4.1 Pengenalan	24
2.4.2 Rekabentuk Peletupan	25

2.5	KESAN-KESAN PELETUPAN	32
2.5.1	Pengenalan	32
2.5.2	Gegaran Bumi	33
2.5.3	Ledakan Udara	39
2.5.4	Batu Terpelanting	43
2.5.5	Habuk Dan Gas	46
2.6	SALAH CETUS	49
2.6.1	Pengenalan	49
2.6.2	Jika Berlaku Salah Cetus	49
2.6.3	Jenis-jenis Salah Cetus	50
2.6.4	Mengenalpasti Salah Cetus	51
2.6.5	Mengelakkan Salah Cetus	52
2.6.6	Menangani Salah Cetus	54
<b>3.0</b>	<b>PENGUMPULAN DATA</b>	<b>60</b>
3.1	PENGENALAN	60
3.2	PENGUKURAN GEGARAN DAN LEDAKAN UDARA	65
3.3	LAPORAN PELETUPAN	69
3.4	DATA TERKUMPUL	76
3.4.1	Data Gegaran Bumi	77
3.4.2	Data Tekanan Lebihan (Ledakan Udara)	79

<b>4.0</b>	<b>ANALISIS DATA</b>	81
4.1	PENGENALAN	81
4.2	GEGARAN BUMI	81
4.2.1	Pengiraan Dengan Kaedah Pemplotan Graf	85
4.2.2	Pengiraan Dengan Kaedah Regrasi Kuasa Dua Kecil	90
4.3	LEDAKAN UDARA	94
<b>5.0</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	108
<b>6.0</b>	<b>KESIMPULAN</b>	121
<b>7.0</b>	<b>CADANGAN</b>	124
	<b>BIBLIOGRAFI</b>	131
	<b>LAMPIRAN 1</b>	134
	<b>LAMPIRAN 2</b>	135
	<b>LAMPIRAN 3</b>	136
	<b>LAMPIRAN 4</b>	137
	<b>LAMPIRAN 5</b>	138
	<b>LAMPIRAN 6</b>	140
	<b>LAMPIRAN 7</b>	141
	<b>LAMPIRAN 8</b>	143
	<b>LAMPIRAN 9</b>	145

## SENARAI JADUAL

### MUKA SURAT

Jadual 2-1: Jumlah Kuari Di Malaysia.	5
Jadual 2-2: Kehilangan Tenaga Dalam ANFO.	16
Jadual 2-3: Halaju Kedakan ANFO Bagi Pelbagai Saiz Lubang Gerudi.	17
Jadual 2-4: Kriteria Kerosakan (USBM 1971).	34
Jadual 2-5: Hubungan Antara Berat Bahan Letupan, Jarak dan Gegaran Bumi (Autralian Standard, 1993).	35
Jadual 2-6: Keamatan Bunyi dan Tahap Keselamatannya.	42
Jadual 2-7: Panduan Had Selamat Ukuran Tekanan Lebihan (Handbook, Blasting Safety, Vibration, Airblast. pp 156-173).	42
Jadual 3-1: Data Gegaran Bumi.	77
Jadual 3-2: Data Tekanan Lebihan (Ledakan Udara).	79
Jadual 4-1: Data-data Penentuan Pemalar-pemalar $\beta$ dan $k$ .	86
Jadual 4-2: Data-data Pengiraan Dengan Kaedah Regrasi Kuasa Dua Kecil.	91
Jadual 4-3: Tekanan Lebihan Daripada Pengiraan.	100
Jadual 4-4: Tekanan Lebihan Daripada Ukuran dan Kiraan.	102
Jadual 5-1: Keputusan Bagi Pemalar-pemalar $\beta$ dan $k$ .	111



## SENARAI RAJAH

MUKA SURAT

Rajah 2-1: Gambar Bahan-bahan Letupan.	13
Rajah 2-2: Gambar Kod-kod Peledak Elektrik.	13
Rajah 2-3: Gambar Ohmmeter.	14
Rajah 2-4: Gambar Alat Peletup.	14
Rajah 2-5: Gambar Megazin (Kuad Sdn Bhd).	23
Rajah 2-6: Gambar Sebelum Peletupan.	24
Rajah 2-7: Gambar Selepas Peletupan.	25
Rajah 2-8: Pandangan Sisi Lubang Gerudi.	26
Rajah 2-9: Pandangan Atas Susunan Lubang Gerudi.	27
Rajah 2-10: Penyebaran Bunyi Terhadap Angin (after Hassall, J R & Zaveri, K, 1979).	40
Rajah 2-11: Penyebaran Bunyi Terhadap Suhu (after Hassall, J R & Zaveri, K, 1979).	41
Rajah 2-12: Batu Terpelanting Daripada Peletupan.	44
Rajah 2-13: Hubungan Jarak Batu Terpelanting dan Berat Bahan Letupan Per Lengah.	45
Rajah 3-1: Pelan Kunci Kuari (Kuad Sdn Bhd).	60
Rajah 3-2: Pelan Kedudukan Kuad Sdn Bhd di Pulau Pinang.	61

Rajah 3-3: Gambar Alat Pengukuran Gegaran (Blastronic).	67
Rajah 3-4: Gambar Alat Pengukuran Gegaran (BlastMate).	67
Rajah 3-5: Gambar Alat Pengukuran Gegaran (BlastMate).	68
Rajah 3-6: Laporan Peletupan (BlastMate).	74
Rajah 3-7: Laporan Peletupan (Blastronic).	75
Rajah 4-1: Data Halaju Partikel Melawan Jarak (USBM dan OSM).	83
Rajah 4-2: Graf log V melawan log $D/W^{1/2}$ .	88
Rajah 4-3: Data Tekanan Lebihan Melawan Jarak.	96
Rajah 4-4: Kesan Suhu Terhadap Ledakan Udara.	98
Rajah 4-5: Kesan Angin Terhadap Ledakan Udara.	99
Rajah 4-6: Graf Tekanan Lebihan Ukuran Melawan Jarak Berskala.	105
Rajah 4-7: Graf Tekanan Lebihan Kiraan Melawan Jarak Berskala.	106
Rajah 4-8: Perbandingan Tekanan Lebihan Bagi Setiap Peletupan.	107
Rajah 5-1: Graf log V melawan log $(D/W^{1/2})$ .	110
Rajah 5-2: Perbandingan Tekanan Lebihan Terhadap Setiap Peletupan.	118

## **1.0 PENGENALAN**

Pengkuarian (quarrying) dan perlombongan dedah (open pit mining) merupakan antara aktiviti-aktiviti yang membekalkan sumber utama kepada bahan mentah terutamanya batubatu dan pelbagai jenis mineral yang diperlukan untuk pembinaan, pengangkutan dan industri di negara kita. Permintaan terhadap bahan-bahan mentah ini semakin meningkat terutamanya bagi negara yang sedang mengalami perkembangan yang pesat.

Dalam usaha mencapai matlamat utama pengkuarian dan perlombongan iaitu pembekalkan bahan mentah yang mencukupi kepada pelbagai bidang pembinaan dan industri, bahan letupan telah dimajukan untuk tujuan tersebut. Maka aktiviti peletupan dengan menggunakan pelbagai jenis bahan letupan yang melibatkan pemecahan batuan tidak dapat ditinggalkan daripada aktiviti pengkuarian dan perlombongan.

Bahan-bahan letupan yang digunakan dalam pemecahan batuan mempunyai klasifikasinya yang tersendiri iaitu sama ada jenis bahan letupan tinggi, bahan letupan rendah atau agen letupan. Penggunaan jenis bahan letupan adalah bergantung kepada faktor-faktor reaksi kimia, kelajuan letupan, keperluan bahan letupan primer dan lain-lain.

Namun aktiviti-aktiviti peletupan yang dijalankan ini mempunyai potensi yang tinggi dalam memberikan kesan-kesan terhadap manusia, harta-benda dan alam sekitar. Kesan-kesan sampingan ini boleh menimbulkan kebimbangan manusia, kerosakan infrastruktur

dan pencemaran alam sekitar yang seterusnya mempengaruhi keadaan asal di sekitar kuari atau lombong yang menjalankan aktiviti peletupan tersebut.

Kesan terhadap alam sekitar yang terhasil akibat daripada aktiviti peletupan batuan adalah gegaran bumi, pencemaran bunyi (ledakan udara), batu terpelanting, pencemaran udara (habuk), dan pencemaran air. Kesan-kesan yang terhasil ini boleh mempengaruhi alam sekitar sama ada secara langsung atau secara tidak langsung.

Antaranya, masalah yang berhubungkait dengan kesan daripada gegaran bumi dan ledakan udara merupakan punca utama aduan dan bantahan orang awam. Walaupun gegaran bumi dan ledakan udara yang terhasil akibat daripada aktiviti peletupan tidak memberikan gangguan atau kesan yang serta-merta terhadap alam sekitar yang berdekatan, namun kesan untuk jangka masa panjang tidak patut diabaikan.

Sekiranya tahap gegaran bumi dan ledakan udara yang terhasil akibat daripada aktiviti peletupan tidak melebihi tahap yang telah ditetapkan oleh pihak berkuasa, kesan ini sepatutnya boleh dikawal dan dikurangkan ke tahap yang minimum. Antara kawalan yang sepatutnya termasuklah penentuan rekabentuk peletupan batuan, penggunaan teknik peletupan yang betul dan sesuai serta mengamalkan langkah berjaga-jaga yang disyorkan oleh pembekal bahan letupan yang digunakan.

## 1.1 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini telah dijalankan adalah untuk meninjau penggunaan dan pengendalian bahan-bahan letupan yang digunakan dalam aktiviti-aktiviti peletupan di kuari. Ini adalah kerana bahan letupan merupakan asas bagi sesuatu aktiviti peletupan yang dijalankan. Penggunaan, pengendalian atau pun penyimpanan bahan-bahan letupan amatlah penting kerana jumlah bahan letupan yang kecil boleh mendatangkan kesan yang besar terhadap orang awam, harta-benda, infrastruktur dan juga alam sekitar.

Kajian ini akan lebih menitikberatkan kesan terhadap alam sekitar iaitu kesan gegaran bumi dan kesan ledakan udara. Data yang berkaitan dengan aktiviti-aktiviti peletupan yang dijalankan seperti tahap gegaran bumi dan tahap ledakan udara diukur dan dianalisis kemudian. Pengukuran ini akan dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran gegaran *blastmate* dan *blastronic*.

Seterusnya analisis dijalankan ke atas kesan gegaran bumi dan kesan ledakan udara dengan menganalisis tahap gegaran bumi dan tahap ledakan udara yang terhasil akibat daripada aktiviti-aktiviti peletupan dalam bidang pengkuarian.

Tujuan penganalisan tahap gegaran bumi ini adalah untuk mendapatkan pemalar-pemalar lapangan yang terlibat iaitu  $\beta$  dan  $k$ . Penentuan kedua-dua pemalar ini adalah untuk mengetahui pemalar-pemalar  $\beta$  dan  $k$  yang digunakan oleh kuari granit dalam perancangan rekabentuk peletupan. Dengan itu, berat maksimum bahan letupan yang diperlukan dalam

peletupan boleh dikirakan apabila halaju puncak partikel ditentukan dan jarak pengukuran dari lapangan peletupan diketahui.

Tujuan penganalisan tahap ledakan udara pula adalah untuk mengetahui tahap ledakan udara yang dikirakan daripada kaedah pengiraan. Dengan menggunakan formula, bukan sahaja dapat mengirakan tahap ledakan udara yang sebenar malah juga boleh digunakan untuk mengirakan berat maksimum bahan letupan yang diperlukan dalam sesuatu peletupan.

Selain itu, kajian ini juga membincangkan perkara-perkara seperti jenis bahan letupan, undang-undang dan peraturan-peraturan berkaitan, faktor-faktor yang mempengaruhi peletupan, pengukuran gegaran tanah, pengumpulan laporan letupan, penggunaan formula dalam menganalisa data-data, pengiraan pemalar serta menyemak tahap gegaran tanah dari kuari dengan tahap yang ditetapkan oleh pihak berkuasa.

## 2.0 SOROTAN LITERATUR

### 2.1 PENGENALAN

Pembangunan negara kita yang semakin pesat telah sampai ke tahap dimana aktiviti penggalian batu-batan yang lebih cepat dan berkesan amat perlu dilakukan. Sememangnya adalah kenyataan bahawa aktiviti pengkuarian dan perlombongan dedah membekalkan paling banyak batu-batan dan mineral yang diperlukan dalam pembangunan sesebuah negara. Jadual 2-1 menunjukkan taburan dan jumlah kuari di Malaysia.

*Jadual 2-1: Jumlah Kuari Di Malaysia.*

NEGERI	BILANGAN
Perlis	5
Kedah	10
Pulau Pinang	18
Perak	62
Selangor	17
Negeri Sembilan	10
Melaka	5
Johor	27
Pahang	18
Terengganu	15
Kelantan	10
Sabah	25
Sarawak	18
<b>JUMLAH</b>	<b>240</b>

Negara kita yang sedang mengalami pembangunan pesat memerlukan batu-batan dalam pembinaan bangunan, jalanraya dan jambatan serta pelbagai mineral dalam industri pembuatan dan elektronik yang hanya dapat dibekalkan dari aktiviti-aktiviti pengkuarian dan perlombongan.

## **2.2 PERUNDANGAN BERKAITAN**

Aktiviti pengkuarian telah maju daripada kaedah penggunaan tenaga manusia pada masa silam kepada kaedah yang melibatkan penggunaan bahan letupan dan jentera-jentera berat masa kini. Walaupun bahan letupan merupakan suatu bahan yang amat berguna terutamanya dalam bidang pengkuarian, namun ia juga amat merbahaya dan perlu dikendalikan secara berhati-hati. Penggunaan bahan letupan yang tidak teratur dan kecuaiian semasa pengendalian akan mengundang kepada kemalangan yang membahayakan nyawa dan kerosakan harta benda.

Kemalangan boleh menyebabkan kecacatan dan kehilangan nyawa manusia. Kesedihan dan penderitaan hidup yang dialami oleh mangsa kemalangan akan turut ditanggung oleh ahli keluarganya terutamanya apabila mangsa kemalangan tersebut secara tidak sengaja terkorban atau menerima kecacatan kekal seperti lumpuh, hilang anggota-anggota badan dan sebagainya.

Dari sudut ekonomi pula, apabila kemalangan ataupun kerosakan harta awam berlaku hasil daripada aktiviti pengkuarian yang tidak teratur dan tidak terkawal, sesetengah operasi



terpaksa diperhentikan untuk membolehkan kerja-kerja penyiasatan oleh pihak berkuasa, kerja-kerja baik pulih dan sebagainya. Pemberhentian ini akan menyebabkan pendapatan terganggu, penambahan kos pengoperasian, peruntukkan kos perubatan dan juga peruntukkan ganti rugi.

Undang-undang dan peraturan-peraturan yang berkaitan dengan aktiviti pengkuarian di Malaysia ini memainkan peranan yang penting dalam menentukan pihak yang berwajib menjalankan tanggungjawabnya bagi menjamin keselamatan para pekerja dan kepentingan awam. Maka, ia telah dikuatkuasakan oleh agensi-agensi kerajaan yang terlibat dalam pengawasan dan pengawalan peletupan yang dijalankan di kuari-kuari.

Kanun Tanah Negara 1965 merupakan perundangan yang terpenting dalam mengendalikan perkara-perkara yang melibatkan tanah di Semenanjung Malaysia. Kanun Tanah Negara ini bertujuan untuk membentuk suatu hak penggunaan dan pemilihan serta peruntukkan tanah yang seragam di seluruh Semenanjung Malaysia. Pengoperasian kuari hanya boleh dijalankan selepas membuat permohonan dari pihak berkuasa negeri untuk mendapatkan kelulusan tanah berkenaan.

Akta Bahan Letupan 1957 dan Peraturan 1923 adalah akta dan peraturan yang telah dikuatkuasakan oleh Polis Di Raja Malaysia (PDRM). Tujuan utama akta ini dikuatkuasakan adalah untuk mengawal pemilikan bahan letupan oleh orang awam. Akta ini merupakan satu-satunya perundangan yang mengawal pembuatan, penggunaan, penjualan, penyimpanan, pengangkutan, pengimportan dan pengeksportan bahan letupan.

Dengan itu, PDRM dapat mengawal semua aktiviti yang berkaitan dengan bahan letupan supaya bahan-bahan letupan ini tidak disalahgunakan dengan menyebabkan letupan yang boleh membahayakan nyawa atau merosakan harta benda.

Enakmen Perlombongan Negeri telah dikuatkuasakan oleh Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia untuk mengawal aktiviti perlombongan yang dijalankan di dalam kawasan pajakan-pajakan melombong (mining lease). Enakmen Perlombongan Bab 147 adalah enakmen yang ada peruntukan mengenai bahan letupan untuk negeri Perak, Selangor, Pahang, Negeri Sembilan dan Melaka. Kini enakmen ini telah digantikan dengan Enakmen Mineral Negeri.

Peraturan Kuari Perak 1992 juga telah dikuatkuasakan oleh Jabatan Galian Perak. Peraturan yang dikuatkuasakan sejak 1992 ini bertujuan untuk mengawal operasi pengkuarian di negeri itu. Pada amnya, peraturan tersebut berkehendakkan kerja-kerja pengkuarian dilaksanakan dalam keadaan selamat, cekap dan bersopan tanpa mengakibatkan sebarang bahaya, kerosakan atau ketidaksejahteraan kepada nyawa atau harta benda. Ini hanya boleh dicapai dengan menggunakan kaedah pengkuarian yang betul serta mematuhi segala syarat-syarat, peraturan dan arahan yang berkaitan.

Akta Kualiti Alam Sekitar 1974 (AKAS) telah dikuatkuasakan oleh Jabatan Alam Sekitar. Pada asasnya penguatkuasaan perundangan ini adalah bertujuan untuk mengawal keadaan alam sekitar. Akta ini merupakan perundangan yang terutama bagi perlindungan alam sekitar dari aktiviti-aktiviti yang melibatkan pelepasan bahan buangan kepada alam

sekeliling, kawalan pencemaran kepada air, udara dan tanah, serta penempatan-penempatan infrastruktur, industri, pertanian, komersial, residen dan rekreasi. Jadi akta ini memainkan peranan mengawal aktiviti-aktiviti peletupan terutamanya pencemaran air dan pencemaran udara yang terhasil akibat daripada operasi-operasi pengkuarian.

Perintah Kualiti Alam Sekitar (Aktiviti Terserai) 1987 yang dikuatkuasakan sejak 1988 adalah hasil daripada pindaan kepada Akta Kualiti Alam Sekitar 1974 yang dilakukan pada tahun 1986. Pindaan ini dilakukan adalah bertujuan untuk menambah suatu seksyen iaitu seksyen 34A.

Seksyen 34A ini membolehkan menteri yang bertanggungjawab ke atas kawalan alam sekitar mengeluarkan perintah menyeranaikan aktiviti yang boleh mengakibatkan kesan buruk kepada alam sekitar sebagai aktiviti terserai. Aktiviti-aktiviti ini memerlukan penyediaan satu Kajian Kesan Alam Sekeliling (Environmental Impact Assessment Report) dan dikemukakan kepada Ketua Pengarah Jabatan Alam Sekitar untuk kelulusan sebelum projek dilaksanakan.

Akta Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan 1996 (OSHA) yang telah dikuatkuasakan oleh Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan sejak 1996 ini mempunyai peruntukan untuk menjamin keselamatan, kesihatan dan kebajikan pekerja-pekerja di tempat kerja. Selain itu, akta ini juga penting untuk melindungi orang lain yang berada berdekatan atau di tempat kerja dari segi keselamatan atau kesihatan akibat aktiviti-aktiviti para pekerja di tempat kerja.

### **2.3 BAHAN LETUPAN**

Bahan letupan telah dimajukan untuk pelbagai tujuan terutamanya dalam usaha menjimatkan tenaga manusia dan meringankan kerja-kerja berat dengan penggunaan jentera-jentera berat. Sebenarnya, kemajuan bahan letupan akan memberikan banyak manfaat jika bahan letupan ini diguna dan dikawal secara betul. Kelebihan yang diperolehi adalah melebihi keburukkan jikalau ia tidak disalahgunakan oleh mana-mana pihak yang kurang bertanggungjawab.

Pemilihan bahan letupan yang sesuai untuk digunakan dalam aktiviti peletupan seharusnya mengambilkira faktor-faktor yang mempengaruhi kesan keseluruhannya. Ini adalah kerana jenis bahan letupan yang berbeza akan menghasilkan peletupan yang berbeza. Bahan-bahan letupan boleh diklasifikasikan dari segi aplikasi kegunaan dan teknikal.

Secara umumnya, peninjauan dari segi aplikasi kegunaan membolehkan bahan letupan dibahagikan kepada dua jenis iaitu bahan letupan militari dan bahan letupan komersial. Bahan letupan militari adalah bahan letupan yang kurang sesuai digunakan dalam aktiviti pengkuarian dan perlombongan. Ia hanya digunakan oleh tentera untuk mempertahankan diri semasa peperangan, misalnya merosakkan tahanan dan kem musuh, membunuh atau mengurangkan daya upaya tindak balas daripada pihak musuh.

Bahan letupan komersial pula adalah bahan letupan yang amat sesuai digunakan dalam aktiviti pengkuarian, perlombongan dan pembinaan. Ia boleh didapati dalam bentuk

pepejal, cecair, sluri, emulsi, gel ataupun gas. Bahan letupan jenis ini juga boleh didapati sebagai satu elemen, satu kompaun ataupun campuran beberapa elemen atau kompaun.

Namun, bahan letupan militari pada masa-masa tertentu boleh juga digunakan untuk tujuan komersial dan demikian juga sebaliknya.

Peninjauan dari segi teknikal pula membolehkan bahan letupan dibahagikan kepada tiga jenis iaitu bahan letupan tinggi, bahan letupan rendah dan agen letupan. Bahan letupan tinggi adalah amat sensitif dan akan bertindakbalas pada kelajuan yang lebih cepat daripada kelajuan bunyi dalam bahan letupan tersebut. Keadaan ini dinamakan sebagai meledak. Contoh bahan letupan tinggi adalah *Nitroglycerine*, *Pentolite* dan *Emulex 150*.

Bahan letupan tinggi boleh dikelaskan kepada dua jenis iaitu bahan letupan primer dan bahan letupan sekunder. Bahan letupan primer merupakan bahan letupan yang digunakan untuk memulakan reaksi kimia atau tindakbalas awal. Amanaun bahan letupan primer yang digunakan dalam peledak adalah sangat sedikit kerana ia sangat mudah meledak. Contoh bahan letupan primer adalah *Mercury Fulminade*, *Lead Azide* dan *Lead Styphnate*.

Bahan letupan sekunder merupakan bahan letupan yang memerlukan bahan letupan primer untuk memulakan reaksi kimia. Tanpa bahan letupan primer ia tidak akan meletup. Contoh bahan letupan sekunder pula termasuklah *PETN*, *TNT*, *Pentolite* dan *Emulex 150*.

Bahan letupan rendah adalah kurang sensitif dan hanya akan bertindakbalas pada kelajuan yang lebih lambat daripada kelajuan bunyi dalam bahan letupan tersebut. Ia tidak memerlukan bahan letupan primer untuk memulakan reaksi kimia. Penggunaannya dalam bidang perlombongan lebih rendah berbanding dengan bahan letupan tinggi. Contoh bahan letupan rendah yang lazimnya adalah '*Gunpowder*' dalam fius keselamatan.

Agan letupan adalah sebarang bahan atau campuran yang mengandungi suatu pembakar atau minyak diesel (fuel) dan suatu oksigen (oxidizer). Ia tidak dikelaskan sebagai bahan letupan apabila hadir secara individu. Oleh sebab ia adalah tidak sensitif, maka ia memerlukan bahan letupan yang lain untuk meledak. Contohnya adalah ANFO.

Bahan letupan, kod peledak elektrik, ohmmeter dan alat peletup merupakan antara bahan-bahan yang lazim digunakan dalam sesuatu aktiviti peletupan. Gambar bagi bahan-bahan letupan ditunjukkan dalam rajah 2-1, gambar bagi kod-kod peledak elektrik ditunjukkan dalam rajah 2-2, gambar bagi ohmmeter iaitu alat yang digunakan untuk memeriksa penyambungan dawai ditunjukkan dalam rajah 2-3 dan gambar alat peletup iaitu alat yang digunakan untuk membekalkan arus yang diperlukan dalam peletupan pula ditunjukkan dalam rajah 2-4 seperti berikut:



*Rajah 2-1: Gambar Bahan-bahan Letupan.*



*Rajah 2-2: Gambar Kod-kod Peledak Elektrik.*



*Rajah 2-3: Gambar Ohmmeter.*



*Rajah 2-4: Gambar Alat Peletup.*



Ammonium nitrat secara sendirian bukanlah termasuk dalam kumpulan bahan letupan tetapi apabila dicampur dengan di antara 5.7-6.0% minyak diesel ia akan menjadi agen letupan yang boleh meledak dengan halaju ledakan sehingga 4500m/s. Campuran ammonium nitrat dengan minyak diesel ini akan menghasilkan bahan letupan dalam kumpulan agen letupan. Ammonium nitrat boleh didapati di pasaran dalam bentuk prills untuk kerja letupan dan bentuk keras untuk bajaan.

ANFO mempunyai kelebihan dari segi kebolehan mengeluarkan gas yang banyak apabila ia meledak. Kebolehan ini dapat membantu menggerakkan batuan yang telah dipecahkan selepas ledakan bahan letupan. Namun, ANFO juga mempunyai kelemahannya iaitu ia tidak sesuai ataupun tidak boleh digunakan di kawasan yang mempunyai masalah air. Ini adalah kerana ANFO adalah bahan letupan yang tidak mempunyai rintangan kepada air, maka ia tidak dapat berfungsi apabila ia menyerap air. Walaupun ANFO boleh dimasukkan ke dalam beg plastik sebelum dimasukkan ke dalam lubang peletupan tetapi ia tidak dapat berfungsi dengan baik.

Tenaga yang dibebaskan dari ANFO ditentukan oleh kesempurnaan campuran ammonium nitrat dan minyak diesel yang dilakukan. Campuran yang tepat membolehkan pembebasan tenaga yang baik dari ANFO. Jadual 2-2 ini menunjukkan kehilangan tenaga yang akan berlaku dalam ANFO jika ammonium nitrat tidak dicampur dengan kandungan minyak diesel yang tepat.

**Jadual 2-2: Kehilangan Tenaga Dalam ANFO.**

<b>KEADAAN</b>	<b>KANDUNGAN MINYAK DIESEL (%)</b>	<b>KEHILANGAN TENAGA (%)</b>	<b>KESAN KE ATAS KERJA-KERJA LETUPAN</b>
Oksigen seimbang	5.7	Tiada	Terbaik
Kekurangan minyak diesel	5.0	5.3	~Oksigen berlebihan.
	4.0	12.1	~Kehilangan tenaga.
	3.0	20.0	~Mengeluarkan gas nitrous oksida (jingga).
Kelebihan minyak diesel	7.0	1.5	~Tidak cukup oksigen.
	8.0	2.9	~Kehilangan sedikit tenaga.
	9.0	4.9	~Mengeluarkan asap gelap (karbon) ataupun asap yang tanpa warna (karbon dioksida).

Walaupun ANFO merupakan bahan letupan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia, namun ia adalah bahan letupan yang kurang sesuai digunakan di dalam lubang gerudi yang bersaiz kecil. Keadaan ini berlaku kerana ANFO tidak dapat memberikan halaju ledakan yang tinggi dalam lubang gerudi kecil. Jadual 2.3 ini menunjukkan pengaruh saiz lubang gerudi terhadap halaju ledakan ANFO.

*Jadual 2-3: Halaju Ledakan ANFO Bagi Pelbagai Saiz Lubang Gerudi.*

<b>GARISPUSAT LUBANG GERUDI (mm)</b>	<b>HALAJU LEDAKAN (m/s)</b>
38	2400
64	3540
76	3660
165	4240
229	4420
380	4575

### **2.3.1 Sifat-sifat Bahan Letupan**

Seseorang pembedil itu seharusnya mengetahui dan jelas dengan kesemua sifat-sifat bahan letupan yang akan digunakan. Maklumat ini biasanya akan disebut atau ditunjukkan di dalam risalah-risalah yang disediakan oleh syarikat atau pembekal bahan letupan tersebut. Pengetahuan tentang sifat-sifat bahan letupan ini adalah penting untuk membuat pilihan yang tepat dan sesuai jenis bahan letupan yang akan dipilihkan.

Terdapat beberapa sifat-sifat bahan letupan yang mesti diketahui oleh semua pembedil. Antaranya adalah halaju ledakan, ketumpatan, rintangan air, kelas asap, sensitiviti dan kekuatan bahan letupan. Sifat-sifat bahan letupan yang dinyatakan itu adalah sifat utama yang perlu diketahui bagi tujuan pemilihan bahan letupan yang sesuai bagi seseorang pembedil. Walaupun demikian, terdapat banyak lagi sifat-sifat bahan letupan komersial

yang boleh dikaji dan digunakan semasa membuat perbandingan dan pemilihan bahan letupan yang diperlukan.

Halaju ledakan adalah berbeza bagi setiap bahan letupan. Sebagai contoh, halaju ledakan ANFO adalah dari 2000-4500m/s dan lebih kurang 7000m/s bagi PETN. Halaju ledakan ini sebenarnya menunjukkan keupayaan bahan letupan yang digunakan itu untuk memecah batu. Pemecahan batu yang lebih sempurna menunjukkan peletupan yang semakin berkualiti. Jadi, semakin tinggi nilai halaju ledakan semakin baik atau sesuai bahan letupan tersebut digunakan dalam aktiviti peletupan di kawasan itu. Di samping itu, halaju ledakan juga menunjukkan kelajuan ledakan hadapan ataupun halaju tindakbalas kimia melalui kolum bahan letupan .

Ketumpatan bagi bahan letupan biasanya dinyatakan dalam istilah bandingan ketumpatan. Ketumpatan bahan letupan akan menggambarkan keupayaan dan tenaga yang terkandung pada setiap isipadu bahan letupan tersebut. Maka bahan letupan yang berketumpatan tinggi biasanya akan menggambarkan kandungan tenaganya adalah lebih tinggi yang mampu menghasilkan peletupan yang lebih baik.

Rintangan air bagi bahan letupan lazimnya menunjukkan keupayaan bahan letupan tersebut untuk berfungsi tanpa kehilangan sensitivitinya. Para pembedil boleh tahu keberkesanan suatu bahan letupan tersebut untuk berfungsi dari sifat rintangan air bahan letupan yang digunakan. Pengetahuan luas mengenai sifat ini sangat penting kerana kebanyakan kawasan di negara kita menerima kadar hujan yang amat tinggi. Secara amnya,

pengeluaran gas nitrogen dioksida yang berwarna jingga atau gas nitrogen oksida menunjukkan masalah air yang banyak.

Bahan letupan yang mempunyai kandungan oksigen yang seimbang (oxygen balance) akan mengeluarkan gas-gas toksid yang lebih rendah berbanding bahan letupan yang mempunyai kandungan oksigen yang tak seimbang. Maka, hanya bahan letupan yang menghasilkan gas-gas toksid yang rendah sahaja sesuai digunakan di kawasan lombong bawah tanah, terowong dan kawasan terkurung.

Sensitiviti bahan letupan adalah sifat yang akan menggambarkan mudah atau susahnyanya suatu bahan letupan itu untuk diletupkan. Sensitiviti suatu bahan letupan itu boleh turun atau hilang apabila rintangan air adalah tinggi di kawasan peletupan tersebut. Kehilangan sensitiviti bahan letupan akan menyebabkan hasil peletupan yang kurang memuaskan, kehadiran kaki dan salah cetus.

Kekuatan suatu bahan letupan biasanya ditunjukkan mengikut atau dibandingkan dengan kekuatan bahan letupan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia pada masa kini. ANFO merupakan bahan letupan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Kekuatan bahan letupan lazimnya disebut sebagai % (peratus) kekuatan ANFO mengikut isipadu atau berat yang sama. Pada masa dahulu, perbandingan kekuatan bahan-bahan letupan dibuat mengikut kekuatan bahan letupan gelatine dan % kandungan nitroglycerine dalam bahan letupan berkenaan isipadu atau berat yang sama.

### **2.3.2 Pengangkutan Bahan Letupan**

Pada masa kini, terdapat tiga pembekal bahan letupan dan hanya satu pembuat atau pengeluar bahan letupan di Malaysia. Pembekal-pembekal bahan letupan adalah syarikat Tenaga Kimia Sdn Bhd, syarikat ICI-CCM Energy System dan syarikat Pernas Trading Sdn Bhd. Syarikat Tenaga Kimia Sdn Bhd juga merupakan satu-satunya pembuat dan pengeluar bahan letupan di negara kita yang mengeluarkan sebahagian bahan letupan yang dibekalkan oleh syarikatnya.

Pembelian bahan-bahan letupan dan aksesori-aksesori yang diperlukan dari pembekal biasanya bergantung kepada kedudukan kuari dan jarak kuari dari pembekal. Syarikat Tenaga Kimia Sdn Bhd mempunyai kilang dan megazin bahan letupannya sendiri di Batu Arang, Selangor. Sementara syarikat ICI-CCM Energy System mempunyai megazin di Meru, Kelang, Selangor dan syarikat Pernas Trading Sdn Bhd mempunyai megazin di Ipoh, Perak. Jadi pembeli bahan letupan seharusnya membuat persediaan terutamanya dari segi pengangkutan bahan letupan tersebut dari pembekal ke kuari.

Permit yang dikeluarkan oleh Polis Di Raja Malaysia (PDRM) mesti didapatkan terlebih dahulu sebelum menempah, membeli dan mengangkut bahan letupan seperti disyaratkan di bawah Akta Bahan Letupan 1957. Perkara-perkara seterusnya yang perlu diberi perhatian termasuklah penentuan pengawal pengiring swasta telah ditempah untuk mengiring bahan letupan semasa dalam perjalanan pergi dan kembali, sediakan sebuah kenderaan yang sesuai dan dalam keadaan bail bagi mengangkut bahan letupan tersebut, pastikan pemandu

kenderaan tersebut mempunyai lessen pemandu yang sah, cermat, bertanggungjawab dan berfikiran waras serta rancangkan masa perjalanan dengan baik supaya tidak terburu-buru untuk pergi dan kembali.

Pengangkutan semestinya memerlukan kenderaan. Jadi kenderaan yang digunakan untuk mengangkut bahan letupan mestilah berada dalam keadaan yang memuaskan terutamanya enjin dan bahagian mekanikal yang lain serta boleh mengangkat sejumlah bahan letupan yang hendak dibawa terutamanya untuk jarak perjalanan yang jauh.

Selain itu, kenderaan yang digunakan juga haruslah tertutup sepenuhnya, bahagian enjin dan bahagian badan kenderaan bersih dari minyak, pendawaian atau kawat elektrik kenderaan selamat dari litar pintas, lampu, brek, pengelap cermin, hon dan stering kenderaan dapat berfungsi dengan baik serta tayar kenderaan berkeadaan baik dengan tekanan angin di mana tekanan angin tayar hendaklah diperiksa setiap dua jam perjalanan ataupun setiap lebih kurang 160km.

Jika bahan letupan yang hendak diangkut itu banyak, dua buah kenderaan yang berasingan digunakan dalam pengangkutan tersebut adalah lebih sesuai terutamanya dari segi keselamatan. Dalam keadaan bagaimanapun, kenderaan yang digunakan untuk mengangkut bahan letupan mestilah mempunyai ruang minimum lebih kurang 1 meter antara kotak letupan dan kotak peledak jika bahan-bahan letupan ini dibawa bersama dalam satu kenderaan.

Papan tanda ‘**BAHAN LETUPAN - MERBAHAYA**’ hendaklah ditampal atau digantung pada kenderaan yang digunakan untuk mengangkut bahan letupan sama ada di hadapan atau belakang kenderaan tersebut. Papan tanda ini perlu ditanggal jika tiada membawa bahan letupan.

Ketika mengangkut bahan letupan, kenderaan mestilah dijaga setiap masa oleh pemandu yang ditugaskan yang tahu tentang kegunaan dan bahaya bahan letupan serta dipandu mengikut jalan yang telah ditetapkan oleh pihak berkuasa sahaja. Pemandu juga perlu memastikan kenderaan yang digunakan untuk mengangkut bahan letupan tersebut tidak diletakkan di tempat-tempat seperti di lebuh raya berhampiran dengan terowong, jambatan, stesyen minyak, kawasan perumahan atau di tempat-tempat di mana ada orang berkumpul sehinggalah sampai ke tempat yang ditujui.

Kenderaan yang digunakan semasa mengangkut bahan letupan tidak boleh membawa bersama logam yang boleh mengeluarkan percikan bunga api, mancis, senjata api, asid dan bahan mudah terbakar yang lain. Kenderaan tersebut juga tidak boleh berhenti mengisi minyak, menjalankan kerja-kerja penyelenggaraan atau membaiki kenderaan rosak ketika ada muatan bahan letupan. Peledak mungkin boleh dibawa bersama dengan bahan letupan yang lain dengan kebenaran pihak berkuasa sahaja dan jumlahnya akan ditentukan.

Bahan letupan yang dibawa mestilah dilindungi dari terkena hujan, api, gegaran yang kuat atau dari bergeser. Jadi kelakuan yang membahayakan seperti merokok ketika memandu kenderaan atau ketika menjaga kenderaan yang mengangkut bahan letupan adalah dilarang



sama sekali oleh pemandu, pengawal pengiring dan penumpang yang dibenarkan sahaja yang berada bersama di dalam kenderaan tersebut. Kesemua langkah-langkah semasa mengangkut bahan letupan ini amatlah penting supaya bahan letupan dapat dihantar ke megazin atau orang yang tertentu dengan selamatnya.

Megazin sebenarnya adalah tempat yang dibina khas untuk menyimpan bahan-bahan letupan buat sementara waktu. Oleh kerana penyimpanan bahan-bahan letupan adalah tertakluk kepada Akta Bahan Letupan 1957 dan Peraturan 1923 di bawah kuasa Polis Diraja Malaysia (PDRM), maka hanya sesetengah kuari atau pembekal bahan-bahan letupan yang mempunyai megazin. Gambar megazin bagi Kuad Sdn Bhd telah ditunjukkan dalam Rajah 2-5 berikut:



***Rajah 2-5: Gambar Megazin (Kuad Sdn Bhd).***

## 2.4 PELETUPAN

### 2.4.1 Pengenalan

Aktiviti-aktiviti peletupan yang dijalankan di dalam bidang pengkuarian adalah tidak dapat dielakkan sama sekali memandangkan pembangunan negara kita yang semakin pesat. Ekoran daripada kemajuan bahan letupan yang diperolehi pada zaman kini penggunaan bahan letupan dalam bidang pengkuarian bukan sahaja memudahkan aktiviti-aktiviti pengkuarian malah menjimatkan masa, kos pekerja buruh, tenaga, meningkatkan pengeluaran, menambahkan keuntungan dan sebagainya.

Gambar-gambar yang dipaparkan dalam Rajah 2-6 dan Rajah 2-7 ini masing-masing menunjukkan keadaan sebelum dan selepas aktiviti peletupan yang dijalankan di kuari.



*Rajah 2-6: Gambar Sebelum Peletupan.*