

**KESESUAIAN UJIKAJI-UJIKAJI MAKMAL BAGI MENILAI  
KEBOLEHROBEKAN IN-SITU BATU PASIR DAN SYAL**

**MOHD FAKHRURRAZI BIN ISHAK**

Laporan projek ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
penganugerahan Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam (Geoteknik)

Fakulti Kejuruteraan Awam  
Universiti Teknologi Malaysia

MAC 2005

*Kepada keluarga tercinta.*

## PENGHARGAAN

Terima kasih yang teramat kepada penyelia saya En. Mohd For Bin Mohd Amin kerana semangat, tunjuk ajar, bimbingan dan memahami kesulitan saya semasa menyediakan kertas projek ini. Kepada En. Eddy Tonnizam terima kasih juga diucapkan kerana nasihat dan tunjuk ajar kepada saya bagi menjayakan projek ini.

Penghargaan ini ditujukan juga kepada pekerja-pekerja makmal geoteknik fakulti kejuruteraan awam yang banyak membantu saya dalam menjalankan kerja-kerja dan ujikaji makmal.

Kepada yang tercinta, isteri dan anak terima kasih kerana banyak bersabar dan memahami keadaan saya.

Kepada pengurus besar syarikat Geolab (M) Sdn. Bhd. iaitu Mr. Koo Kean Siang terima kasih kerana memberikan kelepasan kepada saya dalam menjalankan kerja-kerja bagi menjayakan projek ini.

Kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung ataupun tidak terima kasih diucapkan kepada kalian. Semoga jasa-jasa kalian semua akan dibalas oleh Ilahi kelak.

## ABSTRAK

Pengorekan batuan enapan seperti batupasir dan syal merupakan skop kerja yang kerap dilaksanakan di lapangan. Permasalahan utama yang timbul adalah kerana batuan enapan ini tidak boleh dikorek menggunakan kaedah pengorekan mekanikal yang biasa. Jadi penentuan menggunakan kaedah pengorekan yang sesuai, menjimatkan kos dan masa perlu ditentukan. Salah satu kaedah pengorekan yang sesuai digunakan bagi batu pasir dan batu syal adalah kaedah robekan. Sampel batuan enapan yang dikaji adalah diperolehi dari lapangan yang tersedia di kawasan Bukit Indah, Johor Bahru. Batuan enapan seperti batu pasir dan syal tergolong dalam batuan enapan berklastik tersimen yang mempunyai kandungan bahan dan mineral yang tidak homogeneous. Ini menyebabkan ketakseragaman dalam bahan batuan dan memberikan nilai kekuatan yang berbeza-beza. Penentuan menggunakan kaedah pengorekan yang sesuai boleh ditentukan berdasarkan kepada ujikaji makmal yang terpilih. Ujikaji-ujikaji yang terpilih ini akan ditentukan kesesuaian dan sama ada boleh diguna pakai dalam menilai kebolehkorekan untuk sampel batuan enapan tropika. Berdasarkan ujikaji makmal, sifat-sifat bahan boleh difahami dan pengelasan batuan untuk kerja-kerja pengorekan menggunakan kaedah robekan dapat ditentukan. Sifat-sifat bahan dan pengelasan batuan berkaitan yang diperolehi daripada ujikaji makmal menunjukkan bahawa batu pasir dan batu syal yang terdapat di kawasan sampel diambil adalah amat sesuai untuk kerja-kerja pengorekan menggunakan kaedah robekan.

## ABSTRACT

Excavation of sedimentary rocks such as sandstone and shale are common scope of work in the field. The main problem exists because using the ordinary mechanical excavation method could not excavate these sedimentary rocks. Therefore, a suitable and appropriate method should be determined. One of the suitable excavation method used for sandstone and shale is ripping. The sedimentary rocks samples are taken from a project site at Bukit Indah, Johor Bahru. Sedimentary rocks like sandstone and shale are categorized under clastic-cemented sedimentary rocks, which contain material and mineral that are nonhomogeneous. It causes nonconformity in rock material and gives variable of strength. The decision to determine the suitable excavation method could be based on selected laboratory experiment. The suitability of selected experiments will be decided on whether they could be used in evaluating the tropical sedimentary rock sample excavatability ability. Refer to laboratory experiment, the materials characteristics could be identified and rocks classification for excavation works using the ripping method could be recognized. Materials characteristics and rocks classification obtained from laboratory experiments shows that sandstone and shale found at the area where samples are suitable for excavation works using ripping method.

**KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	TAJUK	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PERHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	HALAMAN KANDUNGAN	vii
	SENARAI LAMPIRAN	x
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xiv
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Latarbelakang Kajian	3
	1.3 Kepentingan Kajian Ini	3
	1.4 Objektif	4
	1.5 Skop Kajian	4

<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	
2.1	Pengenalan	6
2.2	Kaedah-Kaedah Pengorekan	7
2.2.1	Kaedah Robekan	7
2.3	Ira dan Foliasi	10
2.4	Batuan Enapan	11
2.4.1	Batu Pasir	14
2.4.2	Batuan Syal	15
2.5	Penentuan Kaedah Pengorekan	16
2.5.1	Penilaian Di Lapangan	17
2.5.2	Penilaian Di Makmal	20
2.6	Permasalahan Dalam Kerja-Kerja Pengorekan	23
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	
3.1	Pengenalan	25
3.2	Pengambilan Sampel	25
3.3	Pemerhatian Terhadap Sampel	26
3.4	Penyediaan Sampel	27
3.5	Peralatan Makmal Dan Kaedah Ujikaji	28
3.5.1	Tukul Pantulan Schmidt	29
3.5.2	Ujian Kelasakan Terhadap Tindakan Air	33
3.5.3	Ujikaji Ultra Bunyi	36
3.5.4	Ujian Beban Titik	38
3.5.5	Ujikaji Brazilian	41
3.5.6	Ujian Mampatan Tak Terkurung	43
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN DAN ANALISIS</b>	
4.1	Pengenalan	46

4.2	Pemerhatian Terhadap Sampel Batuan	46
4.3	Keputusan Ujian Makmal	48
4.3.1	Ujian Tukul Schmidt	48
4.3.2	Ujian Kelasakan Terhadap Tindakan	52
	Air	
4.3.3	Ujikaji Ultra Bunyi	57
4.3.4	Ujian Beban Titik	59
4.3.5	Ujikaji Brazilian	63
4.3.6	Ujian Mampatan Tak Terkurung	65
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN</b>	
5.1	Pengenalan	70
5.2	Penilaian Bahan Sampel Batuan	70
5.3	Kesesuaian Ujikaji Makmal Dalam Menilai Kebolehbekakan	71
5.3	Kesimpulan	75
<b>RUJUKAN</b>		77
<b>LAMPIRAN</b>		
	LAMPIRAN A - Keputusan Ujian Mampatan Tak Terkurung (UCS)	80-87
	LAMPIRAN B - Keputusan Ujikaji Makmal	88



**SENARAI JADUAL**

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Pengkelasan batuan enapan berklastik, (Gilluly <i>et al</i> , 1975)	13
2.2	Kandungan mineral yang terdapat dalam batuan bersilikat, (Beavis, 1985)	14
2.3	Ujian-ujian yang dilakukan oleh pengkaji terdahulu.	21
3.1	Pengkelasan sampel batuan terhadap ketahananlasakan terhadap air, (Gamble, 1971)	36
4.1	Nombor sampel dan huraian sampel batuan yang dikaji	47
4.2	Keputusan ujikaji tukul pantulan Schmidt dan korelasi dengan kekuatan mampatan	49
4.3	Nilai kekuatan (JCS) bersama nilai ketumpatan kering ( $\gamma$ ), sampel batuan yang dikaji	50

4.4	Keputusan ujikaji ketahanan lasakan terhadap tindakan air dan indek kelasakan pemeroian	53
4.5	Pengkelasan indek kelasakan pemeroian, (Gamble, 1971)	55
4.6	Keputusan ujikaji ultra bunyi	58
4.7	Pengkelasan bahan bunyi berdasarkan kepada nilai kelajuan ultra bunyi. (selepas Hunt, 1984)	58
4.8	Keputusan ujikaji beban titik	59
4.9	Pengkelasan indek titik beban dan kekuatan mampatan. (McLean & Gribble, 1979)	62
4.10	Keputusan kekuatan ketegangan bagi sampel batuan yang dikaji	64
4.11	Pengkelasan batuan berdasarkan kekuatan ketegangan. (selepas Pitts, 1984)	65
4.12	Keputusan ujikaji mampatan	66
4.13	Pengkelasan batuan berdasarkan kepada nilai kekuatan mampatan. (McLean & Gribble, 1979)	68
5.1	Nilai pantulan (R) dan kelajuan ultra bunyi ( $V_p$ ) bagi sampel yang dikaji.	72

5.2	Nilai pantulan (R) dan kekuatan mampatan ( $q_u$ ) bagi sampel yang dikaji.	72
-----	--	----

**SENARAI RAJAH**

<b>NO. RAJAH</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Jenis-jenis cangkuk dan susunan pada traktor untuk kerja-kerja robekan (Church, 1981).	9
2.2	Carta kelajuan seisimik bagi menilai kebolehrobekan bagi jenis-jenis batuan tertentu (McLean & Gribble, 1979).	18
2.3	Nilai kekuatan pantulan (R) diplotkan melawan Kelajuan ultra bunyi (seisemik) ( $V_p$ ) bagi jenis batuan tertentu, (McLean & Gribble, 1979).	19
2.4	Nilai kekuatan pantulan (R) diplotkan melawan nilai kekuatan mampatan ( $q_u$ ) bagi jenis batuan tertentu, (McLean & Gribble, 1979).	23
3.1	Tukul Pantulan Schmidt jenis-L.	30
3.2	Perkaitan diantara tukul pantulan Schmidt dan ketumpatan batuan untuk menentukan nilai kekuatan mampatan (ISRM, 1981).	32

3.3	Dimensi dan susunan peralatan untuk ujikaji kelasakan tindakan air.	35
4.1	Perkaitan diantara tukul pantulan Schmidt dan ketumpatan batuan untuk menentukan nilai kekuatan mampatan seperti yang diplotkan dalam rajah (ISRM, 1981).	51
4.2	Indek pemeroian menunjukkan batuan berada dalam kumpulan batuan gred perluluhawaan tinggi (HW). (Lee & Freitas, 1988)	56
5.1	Nilai pantulan (R) diplotkan melawan kelajuan ultra bunyi ( $V_p$ ) untuk menentukan kerja-kerja pengorekan. (McLean & Gribble, 1979)	73
5.2	Nilai pantulan (R) diplotkan melawan kekutan mampatan ( $q_u$ ) untuk menentukan kerja-kerja pengorekan. (McLean & Gribble, 1979)	73
5.3	Nilai kelajuan ultra bunyi ( $V_p$ ) diplotkan bersama carta kebolehbekakan dan jenis batuan. (McLean & Gribble, 1979)	74

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan**

Kerja pengorekan adalah suatu kerja yang tidak boleh dielakkan dalam kebanyakan kerja-kerja kejuruteraan seperti pembinaan tapak bangunan, jalan raya, empangan dan lain-lain. Kaedah kerja pengorekan yang biasa digunakan di Malaysia termasuklah penggunaan jengkaut, perobek (ripper) dan juga kaedah letupan. Kerja letupan biasanya dilakukan apabila kaedah-kaedah pengorekan mekanikal tidak mampu memecahkan bahan bumi yang keras seperti batuan.

Kaedah pemecahan mekanikal selalunya digunakan sebagai had sebelum keputusan meledak batuan dibuat adalah dengan menggunakan jentera perobek dengan kadar produksi yang tertentu. Masalah penilaian awal timbul apabila maklumat asas penyiasatan tapak tidak dapat diterjemahkan untuk menilai kaedah pengorekan yang sesuai dan ekonomikal. Masalah ketiadaan maklumat yang sesuai ini menjadi semakin rumit apabila bahan bumi ini tidak homogeous atau tidak sekata. Ketidakteraturan bahan kadang-kala memberikan nilai kekuatan yang berbeza manakala ketidakselarasan dalam massa batuan pula menyebabkan penilaian tapak untuk kerja pengorekan menjadi semakin rumit.

Permasalahan utama dalam kerja pengorekan bagi batuan enapan seperti batupasir dan syal adalah kerana terdapatnya perlapisan batuan yang berbeza-beza kekerasannya, kehadiran satah-satah kelemahan dan perbezaan tingkahlaku bahan akibat perluluhawaan. Mod kewujudan batuan di tapak seperti isipadu dan kedalaman juga banyak mempengaruhi kerja pengorekan. Banyak masalah dan kerumitan yang timbul dalam prosedur penilaian kaedah pengorekan yang sesuai. Memandangkan masalah penilaian awal yang tidak jelas dan parameter penilaian yang mengelirukan ini, maka keperluan kajian yang objektif harus diambil kira dalam batuan enapan ini. Kesesuaian prosedur penilaian di lapangan dan di makmal perlu diperhalusi supaya pemilihan kaedah-kaedah pengorekan bagi batuan enapan boleh digunakan dengan lebih berkesan.

Dalam kajian ini beberapa kaedah bagi menentukan kebolehkorekan batuan syal dan batu pasir dibincangkan. Penekanan kajian adalah tertumpu kepada sifat-sifat bahan batuan yang boleh diuji di makmal dengan berpandukan keadaan massa batuan di lapangan. Sifat bahan batuan yang dikenalpasti mempengaruhi penilaian kebolehkorekan adalah kekuatan, tahap luluhawa, ketumpatan dan kekasaran (abrsiveness).

Ketakselajaran adalah salah satu sifat kejuruteraan utama dalam massa batuan enapan. Sifat ini menyebabkan batuan-batuan bersifat lemah dalam keseluruhan struktur batuan. Kekar, sesar dan satah perlapisan serta mod kewujudan merupakan struktur ketakselajaran utama dalam batuan. Penentuan dalam mekanisma yang sesuai digunakan bagi kerja-kerja robekan bagi massa batuan enapan adalah berdasarkan cerapan yang diperolehi di lapangan.

## **1.2 Latarbelakang Kajian**

Ketentuan menggunakan kaedah pengorekan bagi batuan enapan bergantung kepada keadaan sifat-sifat bahan batuan. Kajian ini cuba membandingkan kesesuaian diantara prosedur penilaian ke atas sifat-sifat bahan di makmal untuk menilai kebolehbekalan di lapangan.

## **1.3 Kepentingan Kajian Ini**

Pengamatan dan penilaian sifat-sifat bahan batuan enapan merupakan perkara penting dalam menilai kebolehbekalan menggunakan kaedah robekan bagi batuan enapan seperti batu pasir dan syal. Bagaimanapun beberapa pengkaji terdahulu telah mencadangkan kaedah robekan melalui ujian makmal serta pemerhatian di lapangan. Justeru itu, kajian ini akan meyingkap samada ujian makmal sahaja boleh diguna pakai untuk penentuan kerja-kerja robekan bagi batupasir dan syal.



## 1.4 Objektif

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah bagi mengenalpasti ujikaji-ujikaji makmal yang sesuai dijalankan dalam menentukan kebolehbekakan. Maka bagi mencapai matlamat dalam kajian ini, objektifnya adalah:

- a) Untuk memahami perkaitan sifat-sifat bahan batuan bagi menentukan keberkesanan kaedahrobekan untuk batu pasir dan syal.
- b) Untuk menentukan kesesuaian ujikaji makmal boleh diguna pakai bagi menentukan kebolehbekakan batuan syal dan batu pasir.
- c) Untuk memastikan darjah kebolehbekakan bagi sampel yang dikaji di makmal berdasarkan carta dan graf tertentu.

## 1.5 Skop Kajian

Kajian yang bakal dijalankan ini berdasarkan kepada skop-skop berikut:

- a) Kerja-kerja pengorekan menggunakan kaedah robekan dengan jenis mesin yang digunakan adalah D26.
- b) Kajian dan analisis tertumpu kepada batuan enapan syal dan batu pasir yang terdapat di kawasan Bukit Indah, Johor Bahru.

- c) Data dalam kajian ini akan diperkaitkan diantara sifat-sifat massa dan bahan batuan daripada penentuan pelbagai ujikaji makmal.

- b) Mod kewujudan dan isipadu massa batuan di lapangan perlu dicerapkan juga semasa menilai kebolehbekuan, ini kerana terdapat kesukaran atau kerja-kerja robekan tidak boleh dilakukan walaupun ujikaji dimakmal memberi nilai kebolehbekuan menggunakan kaedah robekan boleh dilakukan.
  
- c) Sifat-sifat massa batuan di lapangan seperti kewujudan satah-satah berlapisan lemah dan kuat yang berselang-seli akan menyebabkan kerja-kerja robekan yang dijalankan dengan produktiviti yang rendah atau hampir tidak boleh dirobek.

## RUJUKAN

Beavis, F.C. (1985). *Engineering Geology*. Australia: Black Scientific Publications Ltd.

Bell, F.G. (1980). *Engineering Geology and Geotechnics*. London: Newnes-Butterworths. 95-98.

Brown, E.T. (1981). *Rock Characterization Testing and Monitoring – ISRM Suggested Method*. Oxford: Pergamon Press. 79-120.

Carla, W.M. and David, D. (1994), *Earth Then And Now*, Second Edition, Wm. C. Brown Publishers, 475.

Caterpillar Inc. (1991). *Potable Handbook*. Caterpillar Inc. (Edition 32), 25-14.

Church, H.K. (1981). *Excavation Handbook*, New York: McGraw-Hill Book Company, New York.

Clayton, C.R.I. and Serritricce, J.F. (1997). *The Mechanical Properties and Behaviour of Hard Soil and Soft Rock*. Geotechnical Engineering of Hard Soils Soft Rocks. Vol. 3: 1839-1977.

Farmer, I. (1983). *Engineering Behaviour of Rocks*. 2nd. ed. New York: Chapman and Hill.

- Fauzilah Ismail (2001). *Excavability Of Hard Material Based On Laboratory And Field Assesment*, M. Eng Thesis. Universiti Teknologi Malaysia.
- Franklin, J.A. and Dusseault, M.B. (1989). *Rock Engineering*. New York: McGraw-Hill Publishing Company. 11-23.
- Gilluly, J., Aaron, C. W. and Woodford, A.O. (1989), *Prinsip-Prinsip Geologi*, Jilid 2, Terjemahan Dewan Bahasa Dan Pustaka, 234.
- Hawkins, A.B. (1998). Aspect Of Rock Strength. *Bulletin Engineering Geology Environment 57*: 17-28.
- Hunt, R.E. (1984). *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. New York: McGraw-Hill Inc.
- ISRM (1981). *Rock Characterization Testing & Monitoring, ISRM Suggested Methods*. Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics. Brown E.T. (ed.), Oxford: Pergamon Press Ltd.
- ISRM (1985). *Suggested Method For Determining Point Load Strength*. Working Group On Revision Of The Point Load Method. *Int. Journal Rock Mechanics Mining Science & Geomechanics Abstract*. Vol. 22: 51-60.
- Jeagar, C. (1972). *Rock Mechanics and Engineering*. London: Cambridge University Press. 17-77.
- Kirsten, H. A. D. (1982). *A Classification System For Excavation In Natural Material*. Diesiviele, Engenieur In Suit Africa, July (1982).
- Lee, S.G. and de Freitas, M.H. (1988). *Quality Definition of Highly Weathered Granite Using the Slake Durability Test*. *Geotechnique*, 38: 635-640.

- McLean, A.C. and Gribble, G.D., (1979). *Geology for Civil Engineering* London: George Allen & Unwin, 238.
- Mohd For Mohd Amin (1995). *Classification Of Excavated Material Based On Simple Laboratory Testings*, Geological Society Malaysia, Bulletin 38: 179-190.
- Nichols Jr., H.L. (1976). *Moving the Earth: The Workbook of Excavation*. 3rd. ed. Connecticut: North Castle Books.
- Pettifer, G.S. and Fookes, P.G. (1994). A Revision Of The Graphical Method For Assessing The Excavatability Of Rock Quarterly. *Journal Of Engineering Geology*, 27: 145-164.
- Pitt, J. (1984). *A Manual of Geology for Civil Engineers*. Singapore: World Scientific Publishing. 19-72.
- Razli Shawari (1985). *Geology of Eastern Pengerang and Tanjung Penawar, Southeast Johor*. B.Sc. Thesis. Universiti Malaya.
- Singh, R.N., Denby B., Egretli I. and Pathan A.G. (1986). Assesment of *Ground Rippability In Opencast Mining Operation*, Mining Department magazine, University Of Nottingham, 38: 21-34.
- Smith H.J. (1986), *Estimating Rippability By Rock Mass Classification*, Proceeding 27<sup>th</sup> US Symposium Of Rock Mechanics, University Of Alabama, 27: 23-77.
- Tajul Anuar Jamaluddin and Morgana Sundram (2000). *Excavatability Assessment Of Weathered Rock Mass Case Study From Ijok, Selangor And Kemaman, Terengganu*, Malam Geologis Muda.