

## Pencirian Geomekanik Jasad Batuan dengan Menggunakan Kaedah Seismos: Nisbah Poisson

(Rock Mass Geomechanical Characterization by  
Seismic Methods: Poisson's Ratio)

T. L. GOH,\* A. GHANI RAFEK, A. RAHIM SAMSUDIN,  
M. HARIRI ARIFFIN & N. BAIZURA YUNUS

### ABSTRAK

Parameter mekanik seperti nisbah Poisson merupakan parameter input kejuruteraan batuan terutamanya dalam perisian komputer model berangka. Kaedah seismos digunakan untuk menentukan nisbah Poisson jasad batuan segar (gred I), terluluhawa sedikit (gred II), terluluhawa sederhana (gred III) dan tinggi (gred IV). Nisbah Poisson setiap lapisan jasad batuan dikira berdasarkan nilai purata halaju gelombang mampatan ( $V_p$ ) dan gelombang ricih ( $V_s$ ) pada kedalaman tertentu. Halaju gelombang mampatan ( $V_p$ ) diperolehi daripada survei seismos biasan dan halaju gelombang ricih ( $V_s$ ) diperolehi daripada survei analisis spektral gelombang permukaan (SASW) atau analisis gelombang permukaan berbilang saluran (MASW). Sebanyak 66 ujian seismos telah dijalankan pada 9 cerun jasad batuan iaitu 6 ujian di atas 1 cerun jasad batuan granit di JKR kuari Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang; 26 ujian di atas 4 cerun jasad batuan granit di Kuari Kajang Rock, Semenyih, Ulu Langat, Selangor; 12 ujian di atas 1 cerun jasad batuan granit di Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6) Selangor; 14 ujian di atas 2 cerun jasad batuan syis di Jalan Kuala Kubu Baru-Bukit Fraser (km 15), Selangor dan 8 ujian di atas 1 cerun jasad batuan kuarzit di Section U10, Bukit Cherakah, Shah Alam, Selangor. Daripada ujian seismos, nilai maksimum nisbah Poisson jasad batuan yang bergred I, II, III dan IV ialah 0.295, 0.335, 0.355 dan 0.364. Nilai minimum nisbah Poisson jasad batuan yang mempunyai gred I, II, III dan IV ialah 0.215, 0.299, 0.334 dan 0.337. Nilai purata nisbah Poisson untuk jasad batuan bergred I, II, III dan IV ialah 0.274, 0.320, 0.345 dan 0.345. Nilai nisbah Poisson jasad batuan menjadi semakin besar apabila gred terluluhawa menjadi semakin besar. Nilai purata nisbah Poisson jasad batuan gred II, III dan IV bertambah sebanyak 16.8%, 25.9% dan 25.9% jika dibandingkan dengan jasad batuan gred I. Keadaan ini berlaku kerana perubahan retakan pada jasad batuan gred I adalah lebih besar apabila mengalami proses terluluhawa. Perubahan retakan menjadi semakin kecil apabila mengalami proses terluluhawa seterusnya. Tiada perubahan retakan berlaku pada jasad batuan gred III apabila menjadi jasad batuan gred IV.

*Kata kunci:* Analisis gelombang permukaan berbilang saluran; analisis spektral gelombang permukaan; nisbah Poisson; seismos biasan

### ABSTRACT

The mechanical parameters such as Poisson ratio are input parameter for rock engineering especially in numerical modeling computer software. Seismic methods were utilized to determine Poisson's ratio for fresh (grade I), slightly weathered (grade II), moderately weathered (grade III) and highly weathered (grade IV) rock masses. Poisson's ratio for each layer of rock mass was determined based on average value of compressive wave ( $V_p$ ) and shear wave ( $V_s$ ) velocities at respective depth. Compressive wave velocities ( $V_p$ ) were determined by seismic refraction method and shear wave velocities ( $V_s$ ) were determined by spectral analysis of surface wave (SASW) method or multichannel analysis of surface wave (MASW) method. A total of 66 seismic tests were carried out on 9 rock mass slopes comprising 6 tests on 1 granitic rock mass slope at Quarry JKR, Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang; 26 tests on 4 granitic rock mass slopes at Kuari Kajang Rock, Semenyih, Ulu Langat, Selangor; 12 tests on 1 granitic rock mass slope at Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6) Selangor; 14 tests on 2 schistose rock mass slopes at Jalan Kuala Kubu Baru-Bukit Fraser (km 15), Selangor and 8 tests on 1 quartzitic rock mass slope at Section U10, Bukit Cherakah, Shah Alam, Selangor. From the seismic tests, the maximum values of Poisson's ratio for grade I, II, III and IV rock masses were 0.295, 0.335, 0.355 and 0.364. The minimum values of Poisson's ratio for grade I, II, III and IV rock masses were 0.215, 0.299, 0.334 and 0.337. The average values of Poisson's ratio for grade I, II, III and IV rock masses were 0.274, 0.320, 0.345 and 0.345. The values of Poisson's ratio for rock masses were increased when the weathering grade increased. The average values of Poisson's ratio for grade II, III and IV rock masses increased 16.8%, 25.9% and 25.9% if compare to grade I rock mass. This scenario occurred because fracture changes on grade I rock mass were bigger when experienced weathering processes. The fracture changes became smaller when experienced weathering processes further on. No fracture change occurred on grade III rock mass when became grade IV rock mass.

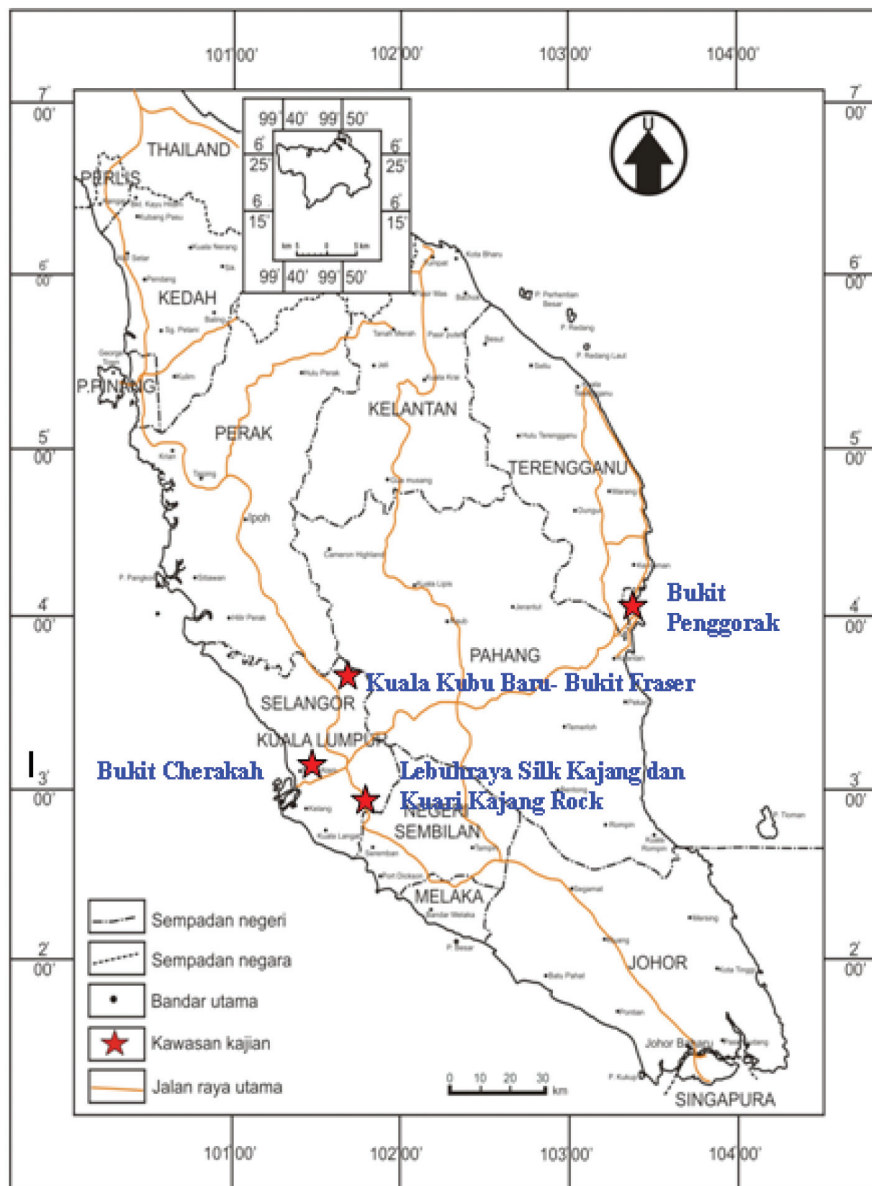
*Keywords:* Multichannel analysis of surface wave; poisson's ratio; seismic refraction; spectral analysis of surface wave

## PENGENALAN

Parameter mekanik memainkan peranan penting di dalam kejuruteraan batuan. Nisbah Poisson merupakan parameter input yang diperlukan dalam perisian komputer model berangka. Nisbah Poisson bahan batuan (batuan utuh) ditentukan dengan menggunakan ujian makmal. Manakala, nisbah Poisson jasad batuan seperti cerun batuan ditentukan dengan menggunakan kaedah seismos. Menurut penyelidikan Goodman (1989), nisbah Poisson bahan batuan granit, syis dan kuarzit ialah 0.18, 0.31 dan 0.11. Sebab wujudnya ketakselajaran pada jasad batuan, nisbah Poisson jasad batuan dijangka adalah lebih tinggi berbanding dengan nilai nisbah Poisson bahan batuan. Menurut Sjogren et al. (1979), halaju seismos dan nisbah Poisson dipengaruhi oleh jarak ketakselajaran, RQD, taburan jenis batuan, kandungan mineral, bukaan

ketakselajaran, tekanan pada batuan, darjah ketepuan air dalam batuan, kandungan kimia mineral dan darjah luluhawa jasad batuan. Tujuan utama penyelidikan ini ialah mengkaji kesan darjah luluhawa terhadap nisbah Poisson jasad batuan. Kesan oleh jarak ketakselajaran, RQD, jenis batuan, kandungan mineral, bukaan ketakselajaran, tekanan pada batuan, darjah ketepuan air dalam batuan, kandungan kimia mineral terhadap halaju seismos dan nisbah Poisson diabaikan dan tidak dibincangkan.

Lokasi kawasan kajian ditunjukkan dalam Rajah 1. Sebanyak 66 ujian seismos telah dijalankan pada 9 cerun jasad batuan iaitu 6 ujian di atas 1 cerun jasad batuan granit di JKR kuari Bukit Penggorak, Kuantan Pahang; 26 ujian di atas 4 cerun jasad batuan granit di Kuari Kajang Rock, Semenyih, Ulu Langat, Selangor; 12 ujian di atas 1 cerun jasad batuan granit di Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6) Selangor; 14 ujian di atas 2 cerun jasad batuan syis



RAJAH 1. Lokasi kawasan kajian

di Jalan Kuala Kubu Baru-Bukit Fraser (KM 15), Selangor dan 8 ujian di atas 1 cerun jasad batuan kuarzit di Seksyen U10, Bukit Cherakah, Shah Alam, Selangor. Nilai halaju mampatan ( $V_p$ ) diperoleh daripada ujian seismos biasan. Manakala, halaju ricih ( $V_s$ ) diperoleh dan dipilih daripada ujian SASW atau MASW yang mempunyai profil halaju ricih yang bernilai punca-min-kuasa dua (RMS) yang kurang daripada 40 dan peleraian (resolution) yang melebihi 0.1. Untuk Kuari JKR, Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang, data-data survei seismos biasan diperoleh daripada Mohd Khairul Azmi (2007) dan halaju ricih SASW pula diperoleh daripada Goh (2008).

## BAHAN DAN KAEDAH

### GEOLOGI KAWASAN KAJIAN

Jalan Kuala Kubu Baru-Bukit Fraser (KM 15) Selangor berlitologi syis amfibol. Roe (1951) dan Hutchison (1972) melaporkan syis amfibol kawasan kajian adalah terdiri daripada syis aktinolit, syis tremolit dan syis piroksen yang bersekutu dengan syis klorit dan sedikit honfels amfibol.

Litologi Section U10 Bukit Cherakah, Shah Alam Selangor adalah terdiri daripada kuarzit dan filit. Menurut Lee (1996) dan Tjia (1976), batuan metamorf kawasan ini berusia antara Karbon ke Perm dan merupakan sebahagian daripada Formasi Kenny Hill.

Kuari JKR Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang merupakan kuari granit yang sedang beroperasi. Bignell dan Snelling (1977) menganggarkan usia rejahan granit di kawasan ini adalah Perm Akhir-Trias Awal dengan

menggunakan kaedah K-Ar. Kajian Arnie Salfarina Arshad (2005) menyatakan kebanyakan litologi di kawasan ini ialah batuan granit berbutir kasar dan berwarna cerah.

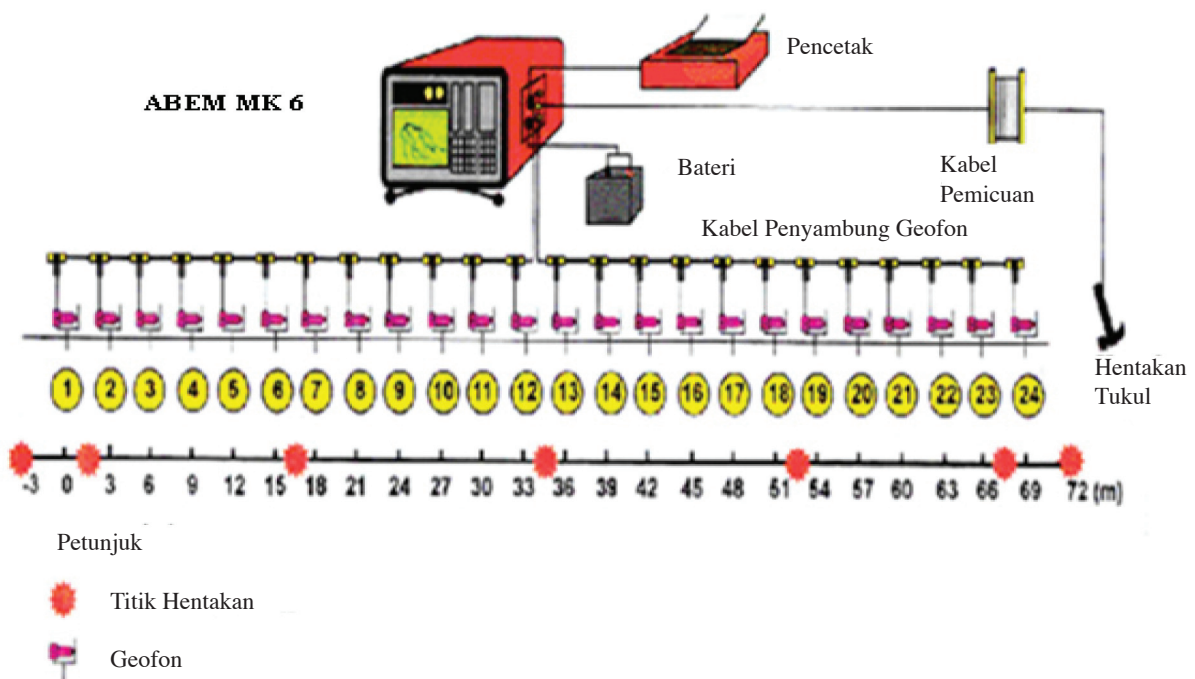
Kuari Kajang Rock, Semenyih, Ulu Langat, Selangor terletak bersebelahan dengan Lebuhraya Silk Kajang (KM 14.6), Selangor. Litologi kedua-dua kawasan kajian adalah granit. Gobbett dan Hutchison (1973) melaporkan bahawa usia granit di kawasan ini adalah Trias. Menurut kajian Ser (2007), granit kawasan ini terbahagi kepada lima variasi iaitu granit berbutir sederhana kasar berporfir, granit berbutir sederhana kasar, granit biotit berbutir halus, granit tericik berwarna putih dan granit klorit tericik.

### SURVEI SEISMOS BIASAN

Gelombang mampatan dihasilkan dengan menggunakan hentakan tukul pada kepingan besi di atas permukaan tanah/batuan dan dirakamkan oleh Seismograf ABEM Terralock MK6 seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Jarak antara pengesan (geofon) dan ofset yang digunakan adalah antara 1 m - 3 m dan 5 m - 10 m bergantung kepada keadaan tapak lapangan. Halaju gelombang mampatan ( $V_p$ ) ditafsirkan dengan menggunakan kaedah masa pintasan dan perisian komputer Seisopt 5.0.

### SURVEI SASW

Ujian SASW (Rajah 3) menggunakan perambatan gelombang Rayleigh untuk menghasilkan profil halaju gelombang ricih melawan kedalaman untuk 1 dimensi (1-D). Gelombang Rayleigh dihasilkan daripada hentakan tukul pada kepingan besi di atas permukaan tanah/batuan dan dikesan oleh 2



RAJAH 2. Susun atur peralatan untuk kaedah seismos biasan di lapangan (jarak antara geofon ialah 1 m - 3 m dan ofset ialah 5 m - 10 m)

pengesan serta dirakamkan oleh penganalisis spectrum, OR 25 PC-Pack II. Pengesan disusun mengikut susun atur titik tengah pengesan sepunya (Suharsono & Abdul Rahim Samsudin 2003) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Jarak antara pengesan dan ofset dalam kajian ini adalah 0.5 m hingga 8 m. Lengkung penyerakan gelombang Rayleigh disongsangkan dengan menggunakan perisian komputer WinSASW 3.1.3.

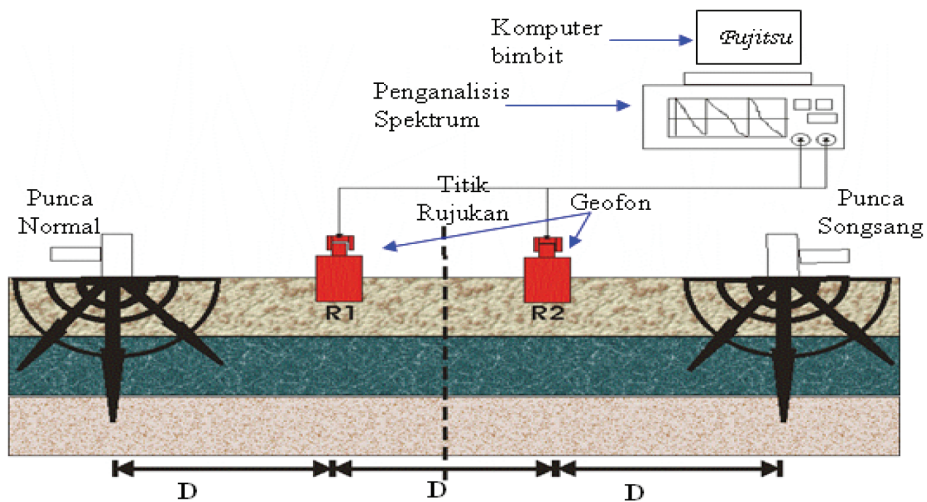
SURVEI MASW

Ujian MASW (Rajah 5) pula menggunakan perambatan gelombang Rayleigh untuk menghasilkan profil halaju gelombang ricih melawan kedalaman secara 2 dimensi (2-D). Gelombang Rayleigh dihasilkan daripada hentakan tukul pada kepingan besi di atas permukaan tanah/batuan dan dikesan oleh 24 geofon (ujian MASW). Gelombang Rayleigh ini kemudian dirakamkan oleh Seismograf ABEM Terralock MK6. Menurut Park (2006), titik pertengahan sepunya, cmp (Common mid point) merupakan titik tengah di antara geofon yang pertama dan geofon yang terakhir

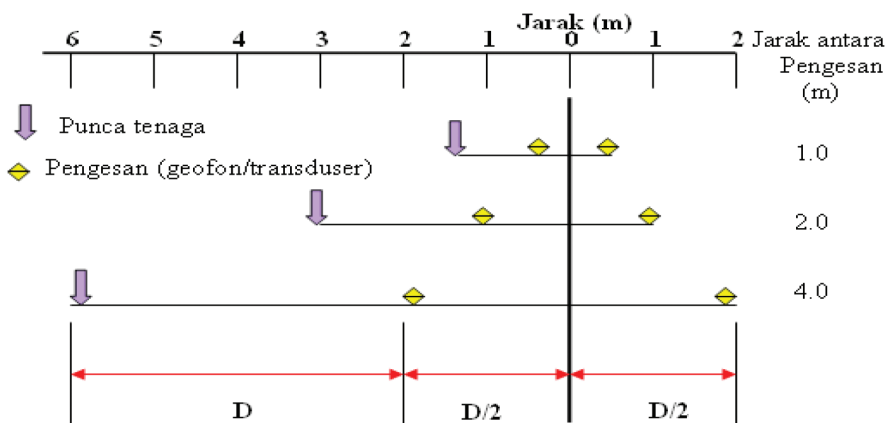
seperti dipaparkan dalam Rajah 6. Titik ini merupakan titik lokasi profil halaju gelombang ricih ( $V_s$ ) secara 1-dimensi yang dihasilkan apabila sumber gelombang dijanakan. Rebakan survei termasuk punca hentakan perlu dianjakan 1 m ke hadapan untuk mendapatkan profil halaju gelombang ricih ( $V_s$ ) secara 2-dimensi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 7. Proses anjakan ini dinamakan pergerakan tatarajah punca-pengesan, SRC (Source-receiver configuration) yang membawa makna punca hentakan dan pengesan beranjak bersama-sama. Jarak antara pengesan (geofon) dan ofset yang digunakan dalam penyelidikan ini adalah 1 m dan 3 m. Lengkung penyerakan gelombang Rayleigh disongsangkan dengan menggunakan perisian komputer Surfseis 2.05.

PENENTUAN NISBAH POISSON

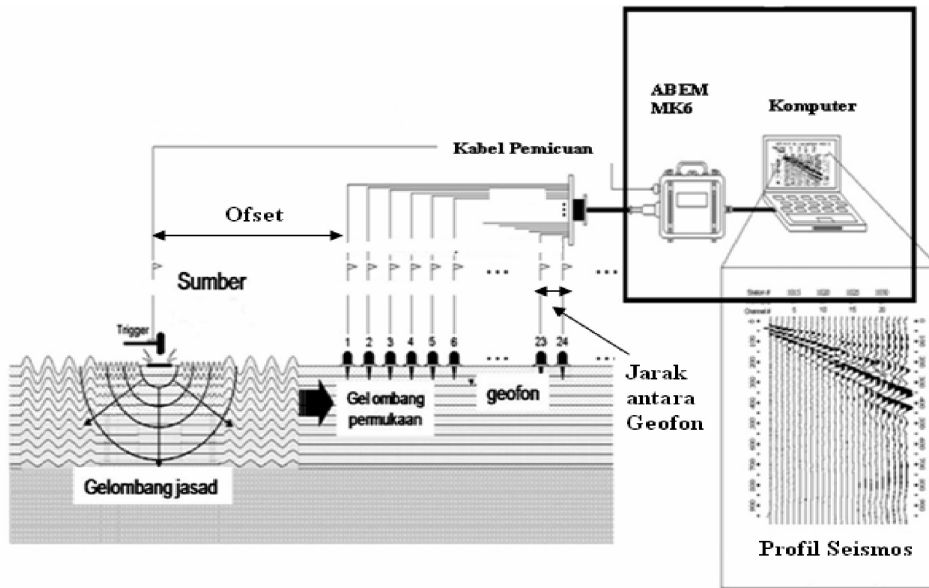
Nisbah Poisson ( $\mu$ ) ialah sukatan perubahan geometri dalam bentuk jasad kenyal, di mana ia merupakan nisbah terikan pengecutan sisi ( $\epsilon_{sisi}$ ) dengan terikan pemanjangan secara membujur ( $\epsilon_{paksi}$ ) seperti yang ditunjukkan dalam



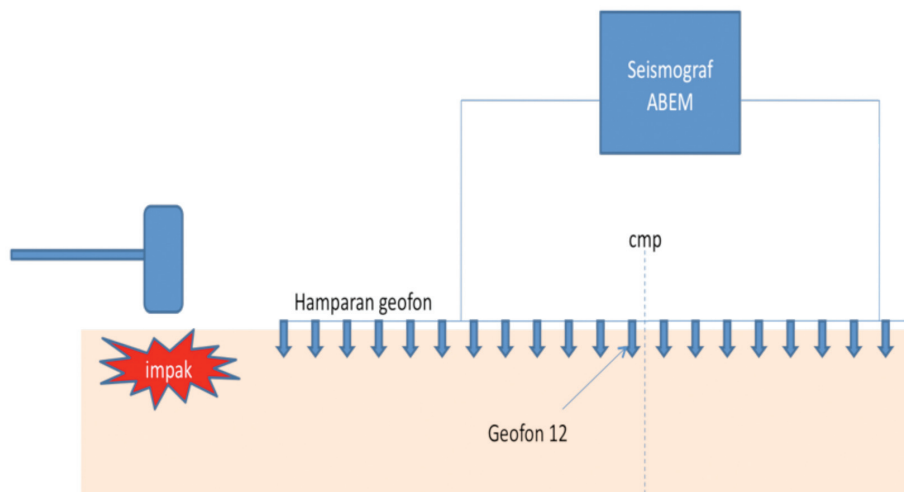
RAJAH 3. Susun atur peralatan untuk kaedah SASW di lapangan



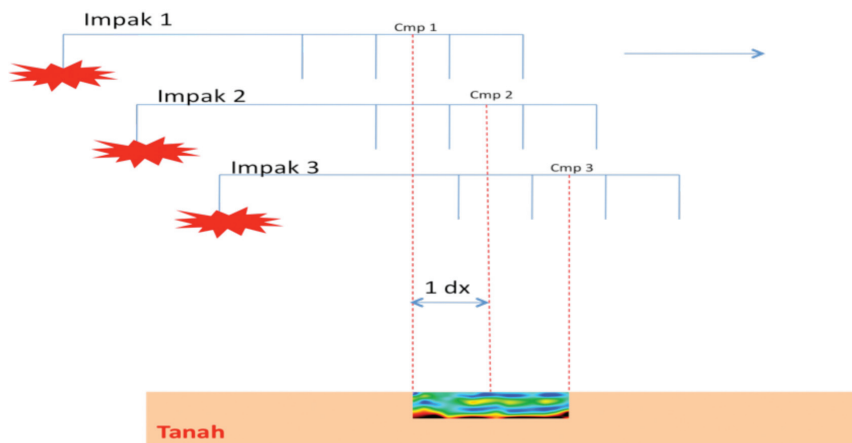
RAJAH 4. Teknik geometri titik tengah pengesan sepunya



RAJAH 5. Susun atur peralatan untuk kaedah MASW di lapangan (Jarak antara geofon ialah 1 m dan ofset ialah 3 m)



RAJAH 6. Susun atur lapangan bagi kaedah MASW yang menggunakan berbilang saluran iaitu 24 geofon dan kedudukan cmp terletak di antara geofon 12 dan 13 untuk setiap rebakan seismos



RAJAH 7. Konsep cmp dan anjakan SRC

persamaan (1) dan menurut Goodman (1989), nisbah Poisson ( $\mu$ ) boleh ditentukan berasaskan halaju ricih ( $V_s$ ) dan halaju mampatan ( $V_p$ ) dengan menggunakan persamaan (2):

$$\mu = \frac{\epsilon_{\text{ sisi }}}{\epsilon_{\text{ paksi }}} \quad (1)$$

$$\mu = [(V_p^2 / V_s^2) - 2] / 2[(V_p^2 / V_s^2) - 1]. \quad (2)$$

#### PENENTUAN GRED LULUHAWA DAN RETAKAN JASAD BATUAN

Menurut kajian Hairiri Arifin et al. (2009) dan Baizura Yunus et al. (2009), gred luluhawa jasad batuan boleh ditentukan dengan menggunakan ujian pantulan tukul Schmidt mengikut piawai yang disyorkan oleh ISRM (1981). Di dalam kajian ini, gred luluhawa setaip cerun batuan ditentukan dengan ujian pantulan tukul Schmidt, pemerhatian di lapangan dan ujian seismos biasa. Sekurang-kurang 120 ujian pantulan tukul Schmidt dilakukan pada setiap cerun jasad batuan.

Survei ketakselajaran dengan menggunakan teknik garis imbasan dilakukan untuk menentukan jarak ketakselajaran dan penanda mutu batuan (RQD) setiap cerun. Kedua-dua parameter ini mewakili darjah retakan jasad batuan.

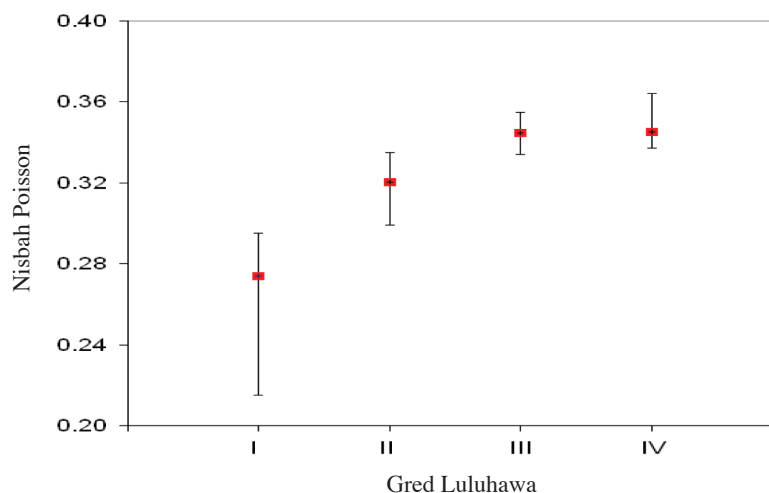
#### HASIL DAN PERBINCANGAN

Setelah menjalankan ujian pantulan tukul Schmidt and survei ketakselajaran pada setiap cerun batuan, didapati apabila gred luluhawa bertambah, nilai RQD dan jarak ketakselajaran berkurangan.

Daripada ujian seismos, sebanyak 27 nilai nisbah Poisson untuk jasad batuan diperoleh berdasarkan persamaan (2) iaitu 18 daripada jasad batuan granit; 6 daripada jasad batuan syis dan 3 daripada jasad batuan

kuarzit dan ditunjukkan dalam Jadual 1. Bilangan nisbah Poisson yang diperoleh dari Kuari JKR Bukit Penggorak, Kuantan, Kuari Kajang Rock, Semenyih, Lebuhraya Silk Kajang (KM 14.6), Semenyih, jalan Kuala Kubu Baru-Bukit Fraser (KM 15) dan Section U10, Bukit Cherakah, Shah Alam ialah 4, 8, 6, 6 dan 3 masing-masing. Secara keseluruhan, bilangan nisbah Poisson jasad batuan gred I, II, III, IV, V dan VI yang telah diperolehi ialah 11, 3, 2, 9, 1 dan 1. Oleh sebab cuma satu nilai nisbah Poisson jasad batuan gred V dan VI diperolehi, nilai ini tidak digunakan dalam perbincangan. Perbincangan akan tertumpu kepada jasad batuan gred I hingga IV sahaja.

Daripada penyelidikan ini, purata nisbah Poisson jasad batuan yang bergred I, II, III dan IV adalah 0.274, 0.320, 0.345 dan 0.345. Nilai nisbah Poisson menjadi semakin besar apabila gred luluhawa menjadi semakin besar. Nilai maksima nisbah Poisson jasad batuan yang bergred I, II, III dan IV ialah 0.295, 0.335, 0.355 dan 0.364. Nilai minimum nisbah Poisson jasad batuan yang mempunyai gred I, II, III dan IV ialah 0.215, 0.299, 0.334 dan 0.337. Nilai minimum, maksimum dan purata nisbah Poisson jasad batuan ditunjukkan dalam Rajah 8. Sebagai ringkasan, nisbah Poisson jasad batuan gred I ialah antara 0.215 – 0.295 dengan nilai purata sebanyak 0.274. Nilai purata nisbah Poisson jasad batuan gred II, III dan IV bertambah sebanyak 16.8%, 25.9% dan 25.9% jika dibandingkan dengan gred I. Ini bermakna, purata nisbah Poisson jasad batuan gred I mengalami perubahan yang besar sekali (perubahan sebanyak 16.8% apabila jasad batuan gred I berubah menjadi gred II), diikuti dengan jasad batuan gred II (perubahan sebanyak 7.8% apabila jasad batuan gred II berubah menjadi gred III) setelah mengalami proses luluhawa. Manakala, purata nisbah Poisson jasad batuan gred III tidak berubah (perubahan sebanyak 0% apabila jasad batuan gred III berubah menjadi gred IV) setelah mengalami proses luluhawa menjadi gred IV. Ini juga bermakna, terdapat perubahan retakan yang besar berlaku apabila jasad batuan gred I berubah menjadi gred II setelah mengalami proses luluhawa. Apabila jasad batuan



RAJAH 8. Nilai minimum, maksimum dan purata nisbah Poisson jasad batuan yang bergred I - IV

JADUAL 1. Halaju mampatan, ricih dan nisbah Poisson yang diperolehi daripada kaedah seismos

Garis Survei	Litologi	Gred Luluhawa	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	Nisbah Poisson
<i>Bukit Penggorak</i>					
BPF013	Granit	I	3850	2104	0.287
BPF193	Granit	I	3850	2156	0.272
BPF053	Granit	I	3750	2025	0.294
BPF233	Granit	I	3750	2055	0.285
KRW77	Granit				
lapisan pertama		IV	760	366	0.349
lapisan kedua		I	3190	1758	0.282
KRF94	Granit				
lapisan pertama		IV	662	306	0.364
lapisan kedua		I	3642	2171	0.224
KRW228	Granit				
lapisan pertama		IV	607	302	0.336
lapisan kedua		I	3633	1990	0.286
KRF110	Granit				
lapisan pertama		IV	685	340	0.337
lapisan kedua		I	4487	2704	0.215
<i>Silk Kajang</i>					
SHW345	Granit				
lapisan pertama		VI	353	170	0.349
lapisan kedua		V	453	219	0.347
lapisan ketiga		IV	826	402	0.345
SHF320	Granit				
lapisan pertama		VI	348	164	0.357
lapisan kedua		III	1762	835	0.355
lapisan ketiga		I	3999	2160	0.294
<i>Kuala Kubu</i>					
KKBW240	Syis				
lapisan pertama		IV	505	251	0.336
lapisan kedua		II	1713	868	0.327
lapisan ketiga		I	2999	1616	0.295
KKBF242	Syis				
lapisan pertama		IV	521	256	0.341
lapisan kedua		II	1721	858	0.335
lapisan ketiga		I	3428	1895	0.280
<i>Bukit Cherakah</i>					
SAW140	Kuarzit				
lapisan pertama		IV	901	442	0.342
lapisan kedua		III	1419	709	0.334
lapisan ketiga		II	2416	1294	0.299

gred II berubah menjadi gred III setelah mengalami proses luluhawa, perubah retakan adalah lebih kecil. Apabila jasad batuan gred III berubah menjadi gred IV setelah mengalami proses luluhawa, tiada perubahan retakan berlaku.

#### KESIMPULAN

Purata nisbah Poisson jasad batuan yang bergred I, II, III, IV dan adalah 0.274, 0.320, 0.345 dan 0.345. Nilai purata nisbah Poisson jasad batuan gred II, III dan IV bertambah sebanyak 16.8%, 25.9% dan 25.9% jika dibandingkan dengan jasad batuan gred I. Purata nisbah Poisson jasad

batuan gred I mengalami perubahan yang banyak sekali, diikuti dengan jasad batuan gred II setelah mengalami proses luluhawa. Manakala, purata nisbah Poisson jasad batuan gred III tidak berubah setelah mengalami proses luluhawa. Keadaan ini berlaku kerana perubahan retakan yang besar berlaku apabila jasad batuan gred I berubah menjadi gred II setelah mengalami proses luluhawa. Apabila jasad batuan gred II berubah menjadi gred III setelah mengalami proses luluhawa, perubah retakan adalah lebih kecil. Apabila jasad batuan gred III berubah menjadi gred IV setelah mengalami proses luluhawa, tiada perubahan retakan berlaku.

## PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada kerajaan Malaysia kerana memberi sumbangan kewangan menerusi UKM-ST-02-FRGS-0023-2007 dan pembantu makmal daripada Program Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia kerana membantu menjalankan penyelidikan.

## RUJUKAN

- Arnie Salfarina Arshad. 2005. Pengelasan dan pencirian geologi kejuruteraan batuan di kuari JKR Bukit Penggorak Kuantan, Pahang Darul Makmur. Tesis Sarjana Muda Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Baizura Yunus, N., Ghani Rafek, A., Goh, T.L. & Hariri Arifin, M. 2009. Quantification of granite rock material weathering grades employing the Schmidt hammer rebound testing: Malaysian examples. *Proceeding of Regional Conference on Environmental and Earth Resources*: 169-174.
- Bignell, J.D. & Snelling, N.J. 1977. Geochronology of Malayan granites. *Overseas Geology and Mineral Resources* 47: 77.
- Gobbett, D.J. & Hutchison, C.S. 1973. *Geology of the Malay Peninsular*. New York: John Wiley & Sons.
- Goh, T.L. 2008. Pencirian jasad batuan menggunakan kaedah SASW di Kuari JKR Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang dan Bukit Tampoi, Dengkil, Selangor. Tesis Sarjana Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Goodman, R.E. 1989. *Introduction to Rock Mechanics*. Ed. Ke-2. New York: John Wiley & Sons.
- Hariri Arifin, M. Ghani Rafek, A. Goh, T.L. & Baizura Yunus, N. 2009. The use of Schmidt rebound hammer as a method to estimate the degree of weathering for metamorphic rocks from Malaysia. *Proceeding of Regional Conference on Environmental and Earth Resources*: 175-180.
- Hutchison, C.S. 1972. Metamorphism. Dlm. *Geology of the Malay Peninsular*, disunting oleh Gobbett, D.J. & Hutchison, C.S. Hlm. 150-178. New York: John Wiley & Sons.
- ISRM. 1981. Rock characterization, testing and monitoring. Dlm *ISRM suggested Methods*, disunting oleh Brown, E.T. Oxford: Pergamon Press.
- Kansas Geological Survey 2007. <http://www.kgs.ku.edu>, [29, November 2007].
- Lee, C.P. 1996. Probable reasons for paucity of the fossil record in the Kenny Hill formation. *Warta Geology* 22(2): 84-85.
- Mohd Khairul Azmi. 2007. Anistoropi seismos batuan granit sebagai penunjuk kualitatif orientasi ketakselanjaraan utama. Tesis Sarjana Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Park, C.B. 2006. *SurfSeis - Active and Passive MASW. User's Manual V2.0*. Kansas: Kansas Geological Survey.
- Roe, F.W. 1951. *The geology and mineral resources of the Fraser Hill area Selangor, Perak and Pahang, Federation of Melaya with account of mineral resources*. Geological Survey Department Federation of Malaya. Kuala Lumpur: Caxton Press LTD.
- Ser, K.Y. 2007. Pencirian geomekanik jasad batuan granit, Kuari Kajang Rock di Mukim Semenih, Hulu Langat, Selangor. Tesis Sarjana Muda Sains, Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Sjogren, B., Ofsthus, A. & Sandberg, J. 1979. Seismic classification of rock mass qualities. *Geophysical Prospecting* 27(2): 409-442.
- Suharsono & Abdul Rahim Samsudin. 2003. The attenuation effects of surface wave propagations on rock mass using SASW method. *Bulletin Geological Society Malaysia* 46: 475-478.
- Tjia, H.D. 1976. Overturned structures in Kenny Hill formation, Selangor. *Warta Geologi* 2(4): 63-65.

Program Geologi  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor D.E.  
Malaysia

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: gdsbgoh@gmail.com

Diserahkan: 5 Januari 2010

Diterima: 21 Mei 2010