

## Ujian Ricih Terus Permukaan Satah Ketakselajaran Granit (Direct Shear Test of Granite Discontinuity Plane Surfaces)

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

### ABSTRAK

*Parameter kekuatan ricih seperti sudut geseran permukaan ketakselajaran batuan merupakan antara data penting bagi reka bentuk struktur kejuruteraan batuan seperti pengorekan bawah tanah dan cerun potongan. Ujian ricih terus beban normal tetap telah dilakukan pada permukaan buatan potongan gergaji batuan granit segar dan terluluhawa sedikit untuk menentukan sudut geseran asas permukaan satah ketakselajaran. Sampel granit diperoleh dari Kuari Kajang Rock, Semenyih, Ulu Langat, Selangor, Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6), Selangor, Jalan Pos Selim-Kampung Raja (km 30-29), Cameron Highland, Pahang/Perak dan Kuari JKR Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang. Sebanyak 84 ujian ricih terus telah dijalankan pada batuan granit iaitu 65 ujian pada batuan segar dan 19 ujian pada batuan terluluhawa sedikit. Untuk batuan granit segar, sudut geseran asas ialah  $42^\circ \pm 0.6^\circ$  dengan sisihan piawai sebanyak 2.26 dan pekali penentuan,  $R^2$  sebanyak 0.98. Untuk granit terluluhawa sedikit, sudut geseran asas ialah  $38^\circ \pm 1.9^\circ$  dengan sisihan piawai sebanyak 3.99 dan pekali penentuan,  $R^2$  sebanyak 0.97. Nilai-nilai ini adalah lebih tinggi daripada nilai yang selalu dianggap untuk batuan granit segar iaitu  $30^\circ$ - $35^\circ$ .*

*Kata kunci: Granit; sudut geseran asas; ujian ricih terus*

### ABSTRACT

*Shear strength parameters such as friction angle of discontinuity surfaces of rock are among the essential data for the design of rock engineering structures like underground excavation and cut slopes. Constant normal load direct shear test has been employed on artificially sawn surfaces of fresh and slightly weathered granite to determine the basic friction angle of the discontinuity plane surfaces. The granite samples were collected from Kajang Rock Quarry, Semenyih, Ulu Langat, Selangor, Kajang Silk Highway (km 14.6), Selangor and Pos Selim-Kampung Raja road (km 30-29), Cameron Highland, Pahang/Perak and JKR Quarry Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang. A total of 84 direct shear tests were carried out, comprising 65 and 19 tests on fresh and slightly weathered granite, respectively. For fresh granite, the basic friction angle is  $42^\circ \pm 0.6^\circ$  with standard deviation of 2.26 and coefficient of determination,  $R^2$  of 0.98. For slightly weathered granite, the basic friction angle is  $38^\circ \pm 1.9^\circ$  with standard deviation of 3.99 and coefficient of determination,  $R^2$  of 0.97. These values are considerably higher than the often assumed value of  $30^\circ$ - $35^\circ$  for fresh granite.*

*Keywords: Basic friction angle; direct shear test; granite*

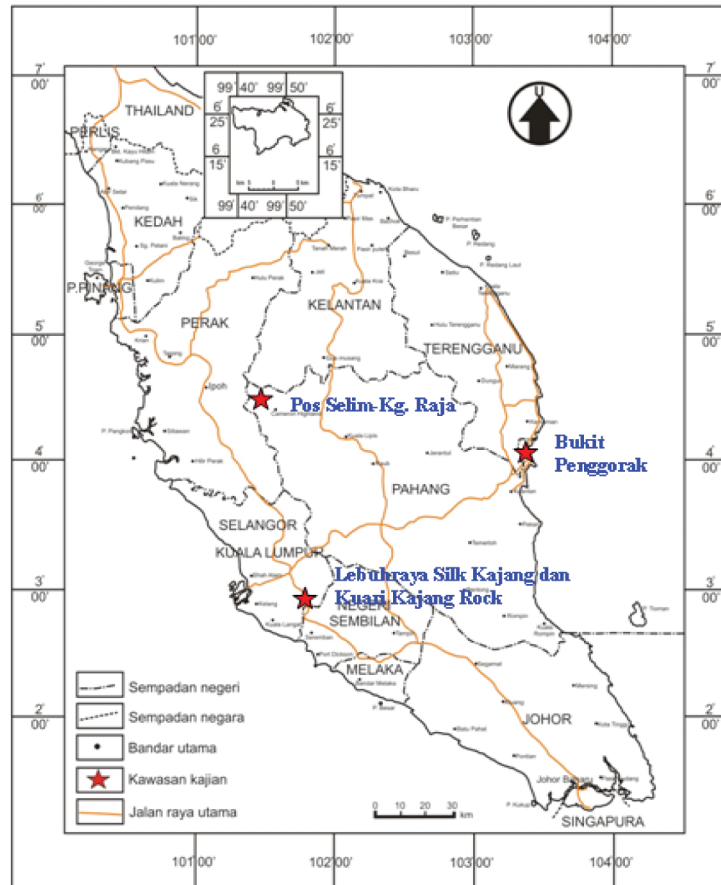
### PENGENALAN

Parameter kekuatan ricih memainkan peranan yang penting dalam penilaian kestabilan potongan cerun dan pengorekan dalam jasad batuan. Sudut geseran asas digunakan untuk meramal kekuatan ricih ketakselajaran jasad batuan dalam kriteria kekuatan ricih kekar (Barton 1972, 1973; Barton & Bandis 1990). Nilai sudut geseran asas yang biasa dianggap dan diterima adalah antara  $30^\circ$  dan  $35^\circ$  untuk batuan granit segar. Hoek dan Bray (1981) melaporkan bahawa sudut geseran asas ( $\Phi_p$ ) untuk granit berbutiran halus dan kasar ialah  $29^\circ$ - $35^\circ$  dan  $31^\circ$  dan  $35^\circ$  masing-masing. Oleh itu, tujuan utama penyelidikan ini adalah menentukan sudut geseran asas batuan granit di Malaysia dengan menggunakan ujian ricih terus tegasan normal tetap mengikut kriteria yang disyorkan oleh ISRM (1981).

Sudut geseran asas boleh diperoleh daripada ujian ricih terus dan ujian kemiringan (Priest 1993) di makmal. Ujian ricih terus pula boleh dibahagi kepada ujian ricih terus

beban normal tetap, ujian ricih terus kekukuhan normal tetap (Indraratna et al. 1999), ujian ricih terus beban normal berterusan (Tisa & Kovári 1984) dan ujian ricih terus di tapak. Selain itu, sudut geseran dan kejelekitan batuan boleh ditentukan dengan menggunakan kaedah empirikal seperti kriteria kegagalan Hoek dan Brown (Hoek 1990; Marinos & Hoek 2000).

Sebanyak 84 ujian ricih terus telah dijalankan ke atas satah ketakselajaran batuan granit iaitu 65 ujian pada batuan segar dan 19 ujian pada batuan terluluhawa sedikit. Sampel granit diambil dari Kuari Kajang Rock, Semenyih, Ulu Langat, Selangor, Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6), Selangor, Jalan Pos Selim-Kampung Raja (km 30-29), Cameron Highland, Pahang/Perak dan Kuari JKR Bukit Penggorak, Kuantan, Pahang (Rajah 1). Darjah luluhawa sampel batuan granit ditentukan dengan menggunakan ujian pantulan tukul Schmidt mengikut kriteria yang disyorkan oleh ISRM (1981).



RAJAH 1. Lokasi kawasan kajian

## BAHAN DAN KAEDAH

### GEOLOGI

*Kuari Kajang Rock dan Lebuhraya Silk Kajang Semenyih Selangor* Kuari Kajang Rock terletak bersebelahan dengan lebuhraya Silk Kajang. Litologi kedua-dua kawasan kajian adalah granit. Menurut Gobbett dan Hutchison (1973) dan Bignell dan Snelling (1977), granit di kawasan kajian merupakan sebahagian daripada granit banjaran besar. Gobbett dan Hutchison (1973) melaporkan bahawa usia granit di kawasan ini adalah Trias. Granit kawasan ini berbutiran sederhana kasar (0.06-2 mm) ke kasar (2-60 mm) dan mengandungi mineral kuarza, feldspar dan mika (Shu 1989).

*Jalan Pos Selim-Kg. Raja (km 30-29) Cameron Highland Pahang/Perak* Kawasan kajian ini merupakan bekas kuari granit yang bersifat felsik dan berusia Trias Atas (Bignell & Snelling 1977).

*Kuari JKR Bukit Penggorak Kuantan Pahang* Kawasan kajian ini pula merupakan kuari granit yang masih beroperasi. Bignell dan Snelling (1977) menganggarkan usia rejahan granit di kawasan ini adalah Perm Akhir-Trias

Awal. Kajian Arnie Salfarina Arshad (2005) menyatakan kebanyakan litologi di kawasan ini ialah batuan granit berbutir kasar (2-60 mm) dan berwarna cerah.

### UJIAN RICIH TERUS BEBAN NORMAL TETAP

Peralatan ricih terus yang digunakan dalam kajian ini ialah CMH A690/7 jenis kotak ricih batuan, dibuat oleh CMH LTD, England dan mempunyai beban ricih maksima 50 kN dan beban normal maksima 50 kN. Model ini hanya boleh digunakan untuk menjalankan ujian ricih terus pada satah ketakselanjaran. Sampel batuan dipotong dengan gergaji kepada saiz 50 mm × 50 mm × 50 mm seperti yang dipaparkan dalam Rajah 2. Setiap ujian ricih terus memerlukan 2 blok sampel batuan iaitu blok atas dan blok bawah. Ujian ricih terus dijalankan pada permukaan potongan batuan granit untuk menentukan sudut geseran asas. Setiap blok sampel batuan diricih dengan beban normal rendah sebanyak 3 kali iaitu 1 kN, 2 kN dan 3 kN. Kadar ricihan yang digunakan ialah 1 cm/min. Daya ricih dikenakan secara berterusan sehingga 10 mm anjakan diperolehi. Tegasan ricih puncak dikira berdasarkan luas permukaan berkesan dan diplot melawan tegasan normal yang digunakan.



RAJAH 2. Sampel batuan untuk ujian ricih terus

#### PENENTUAN SUDUT GESERAN ASAS

Disebabkan ujian ricih terus dijalankan pada permukaan potongan, panca (*interlocking*),  $C$  dianggap bernilai sifar. Oleh itu, sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) merupakan kecerunan garis linear tegasan ricih-normal dan boleh ditentukan berdasarkan persamaan regresi:

$$\Phi_b = \tan^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{\sum_{i=1}^n \sigma_i} \right], \quad (1)$$

dengan  $C = 0$ ,  $\tau_i$  ialah tegasan ricih berkesan,  $\sigma_i$  ialah tegasan normal berkesan dan  $n$  ialah bilangan sampel.

#### HASIL DAN PERBINCANGAN

Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ialah kecerunan garis linear tegasan ricih-normal dan ditentukan dengan menggunakan (1). Hasil sudut geseran asas dan pekali penentuan,  $R^2$  untuk batuan granit segar dan terluluhawa sedikit dipaparkan dalam Jadual 1 hingga 8. Hasil ini dianalisis dengan menggunakan perisian statistik-SPSS versi 16 pada aras keyakinan 95%.

Sudut geseran asas minima dan maksima untuk batuan granit segar ialah  $35.7^\circ$  dan  $46.4^\circ$ . Pada aras keyakinan 95%, sudut geseran asas untuk batuan granit segar ialah  $42^\circ \pm 0.6^\circ$  dengan sisihan piawai sebanyak 2.26 dan pekali penentuan,  $R^2$  sebanyak 0.98. Untuk batuan granit terluluhawa sedikit pula, sudut geseran asas minima dan maksima ialah  $28.7^\circ$  dan  $43.1^\circ$ . Pada aras keyakinan 95%, sudut geseran asas untuk batuan granit terluluhawa sedikit ialah  $38^\circ \pm 1.9^\circ$  dengan sisihan piawai sebanyak 3.99 dan pekali penentuan,  $R^2$  sebanyak 0.97.

Daripada hasil analisis statistik, didapati perbezaan sudut geseran asas antara batuan granit segar dengan terluluhawa sedikit adalah  $4^\circ$ . Ini bermakna, sudut geseran asas batuan granit segar menurun sebanyak  $4^\circ$  setelah mengalami proses luluhawa sehingga terluluhawa sedikit. Keadaan ini berlaku kerana proses luluhawa kimia dan fizikal telah melemahkan butiran mineral batuan granit. Kedua-dua nilai ini adalah lebih tinggi daripada nilai yang selalu dianggap iaitu  $30^\circ$ - $35^\circ$  dan nilai daripada Hoek & Bray (1981) ( $\Phi_b$  untuk granit berbutiran halus

JADUAL 1. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit segar daripada Kuari Kajang Rock

Sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
KRF2a	41.0	0.97
KRF2b	43.1	0.99
KRF7a	42.7	0.99
KRF7z	44.4	0.99
KRF8a	44.4	0.99
KRF8b	46.4	0.97
KRF8c	44.8	0.94
KRF8d	45.6	0.97
KRF8e	45.1	0.99
KRF9a	39.8	0.98
KRF9b	43.9	0.99
KRF9c	42.2	1.00
KRF9d	42.6	0.98
KRF9e	38.8	1.00
KRF9f	43.5	0.99
KRF9g	41.7	0.99
KRF9h	42.6	0.99
KRF18	40.5	0.94
KRF21a	42.6	1.00
KRF21b	42.2	0.99
KRF21c	43.5	0.95
KRF21d	44.0	0.99
KRF22a	43.1	0.99
KRF22b	44.8	0.98

JADUAL 2. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit segar daripada Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6)

Sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
SHF2a	39.3	0.99
SHF2b	38.7	0.99
SHF2c	38.3	0.98
SHF21a	43.6	0.99
SHF21b	45.2	0.99
SHF21c	43.5	0.96
SHF21d	43.5	0.95
SHF21e	43.1	0.98
SHF21f	45.6	0.97
SHF21g	40.8	0.96
SHF22a	44.8	0.98
SHF22b	43.5	0.99
SHF22c	44.3	0.98
SHF22d	43.5	0.99
SHF23a	45.2	0.98
SHF23b	42.7	1.00
SHF23c	42.7	0.99
SHF23d	42.7	0.99

JADUAL 3. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit segar daripada jalan Pos Selim-Kg. Raja (km 30-29)

Sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
PSF2-22a	40.3	0.98
PSF2-22b	42.2	0.99
PSF2-22c	43.4	0.99
PSF2-22d	43.5	0.98
PSF2-22e	45.2	0.99
PSF2-22f	42.7	1.00
PSF2-22g	42.1	0.98
PSF2-22z	43.1	0.99

JADUAL 4. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit segar daripada Kuari JKR, Bukit Penggorak

Sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
BPF8	45.2	0.99
BPF9a	35.7	1.00
BPF9b	37.8	1.00
BPF9c	40.3	0.96
BPF9d	42.7	0.98
BPF9e	42.2	0.95
BPF9f	40.8	1.00
BPF9g	41.8	1.00
BPF9h	42.2	1.00
BPF9i	38.8	0.99
BPF9j	38.4	0.99
BPF23a	38.9	1.00
BPF23b	41.3	0.99
BPF23c	38.9	1.00
BPF23d	39.9	1.00

JADUAL 5. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit terluluhawa sedikit daripada Kuari Kajang Rock

Sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
KRSW1a	35.1	0.98
KRSW1b	33.5	0.99
KRSW4d	40.5	0.96
KRSW5d	35.6	0.89
KRSW5e	42.0	0.99
KRSW5f	33.5	0.99
KRSW5g	34.3	0.85
KRSW5j	28.7	0.91

dan kasar ialah  $29^\circ$ - $35^\circ$  dan  $31^\circ$ - $35^\circ$ ). Oleh itu, kekuatan ricih satah ketakselajaran telah dianggar terlalu rendah apabila menggunakan nilai Hoek & Bray dan nilai yang

JADUAL 6. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit terluluhawa sedikit daripada Lebuhraya Silk Kajang (km 14.6)

Sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
SHSW4a	41.7	0.99
SHSW4b	39.9	0.99
SHSW4c	38.8	0.97
SHSW4d	42.7	0.99
SHSW4e	38.3	0.98
SHSW4z	42.7	0.99

JADUAL 7. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit terluluhawa sedikit daripada jalan Pos Selim-Kg. Raja (km 30-29)

Nama sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
PSSW2-17	35.7	0.99

JADUAL 8. Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) dan  $R^2$  untuk batuan granit terluluhawa sedikit daripada Kuari JKR, Bukit Penggorak

Nama sampel	Sudut geseran asas ( $\Phi_b$ ) ( $^\circ$ )	$R^2$
BPSW28a	39.4	0.98
BPSW28a	43.1	1.00
BPSW28a	40.8	0.99
BPSW28a	41.2	1.00

biasa dianggap di Malaysia. Ini akan mengakibatkan rekabentuk berlebihan dalam reka bentuk kestabilan cerun. Selain itu, sudut geseran asas yang digunakan dalam kejuruteraan cerun batuan harus berubah dan bergantung kepada darjah luluhawa batuan. Ini juga bermakna bahawa sudut geseran asas batuan granit yang berlainan gred luluhawa adalah berbeza.

#### KESIMPULAN

Sudut geseran asas untuk batuan granit segar dan terluluhawa sedikit masing-masing ialah  $42^\circ \pm 0.6^\circ$  dan  $38^\circ \pm 1.9^\circ$  dengan pekali penentuan,  $R^2$  melebihi 0.9 dan mempunyai perbezaan sebanyak  $4^\circ$ . Nilai yang biasa dianggap dan nilai Hoek & Bray (1981) adalah lebih rendah daripada kedua-dua nilai ini dan kekuatan ricih ketakselajaran batuan granit di Malaysia selama ini telah dianggar terlalu rendah sebelum ini. Ujian ricih terus beban normal merupakan satu kaedah yang senang dan cepat untuk penentuan sudut geseran asas permukaan satah ketakselajaran.

## PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada pembantu makmal Program Geologi atas bantuan mengendalikan ujian dan kerajaan Malaysia atas sumbangan kewangan menerusi UKM-ST-02-FRGS-0023-2007.

## 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.
- Barton, N.R. 1972. A model study of rock joint deformation. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 9: 579-602.
- Barton, N.R. 1973. Review of a new shear strength criterion for rock joints. *Engineering Geology* 7: 287-332.
- Barton, N.R. & Bandis, S. 1990. Review of predictive capabilities of JRC-JCS model in engineering practice. *Proceedings of the International Conference on Rock Joints*; June 4-6, Leon, Norway: 603-610.
- 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.
- Hoek, E. 1990. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion. *International Journal Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstract* 12(3): 227-229.
- Hoek, E. & Bray, J.E. 1981. *Rock Slope Engineering*. Edisi ke-3, London : Inst. Min. Metall.
- Indraratna, B., Haque, A. & Aziz, N. 1999. Shear behaviour of idealised infilled joints under constant normal stiffness. *Geotechnique* 49(3): 331-355.
- ISRM. 1981. Rock characterization, testing and monitoring. Dlm. *ISRM suggested Methods*, Brown, E.T.(ed.), Oxford: Pergamon Press.
- Marinos, P. & Hoek, E. 2000. GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. *Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne*.
- Priest, S.D. 1993. *Discontinuity Analysis for Rock Engineering*. London: Chapman & Hall.
- Shu, Y.K. 1989. *Geology and Mineral Resources of Kuala Kelawang Area*. District Memo: 20. Kuala Lumpur: Geological Survey Malaysia.
- Tisa, A. & Kovári, K. 1984. Continuous failure state direct shear tests. *Rock Mech. and Rock Engineering* 17: 83-95.
- 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: 14 April 2010