

## Pencirian mekanik batuan syis amfibol, Putrajaya, Wilayah Persekutuan

ABDUL GHANI RAFEK & NORSYAFINA ROSLAN

Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi  
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan

**Abstrak:** Penemuan batuan syis amfibol di Putrajaya mendorong pengkaji menjalankan kajian mekanik batuan ke atas batuan tersebut kerana kurang data sedemikian bagi litologi ini. Kawasan kajian adalah di Presint 8, Putrajaya, pada garis lintang 02°56'N dan garis bujur 101°40'E. Tiga litologi utama ditemui di kawasan kajian, terdiri daripada syis amfibol jenis syis tremolit, syis grafit dan mikrogranit dalam bentuk korok. Penentuan nilai indeks beban titik, nilai pantulan tukul Schmidt, kekuatan regangan, dan kekuatan mampatan sepaksi membolehkan batuan syis tremolit dikelaskan sebagai batuan berkekuatan sangat kuat. Nilai pantulan tukul Schmidt bagi batuan segar adalah ber julat antara 50 sehingga 64 dengan nilai purata 58. Nilai purata indeks beban titik dan kekuatan regangan masing-masing ialah 14.05 MPa dan 22.23 MPa bagi kes kegagalan bahan, manakala kes kegagalan yang dipengaruhi satah ketakselajaran mencatatkan penyusutan nilai dalam lingkungan 50% bagi kedua-dua ujian. Untuk ujian mampatan sepaksi, kegagalan yang dipengaruhi ketakselajaran masih menghasilkan nilai kekuatan sangat tinggi dengan nilai purata 127.51 MPa.

**Abstract:** The somewhat rare occurrence of amphibolite schist in Putrajaya led to the determination of its mechanical properties. The study location is in Precinct 8, Putrajaya, at latitude 02°56' N and longitude 101°40'E. Three main lithologies occur in the study area, namely amphibolite schist, more specifically a tremolite schist, graphitic schist and microgranite in the form of a dyke. The determination of the point load index, Schmidt hammer rebound value, tensile strength and uniaxial compressive strength enabled the classification of the tremolite schist as rock having very high strength. The Schmidt hammer rebound value for the fresh rock is between 50 to 64, with an average value of 58. For the point load index and the tensile strength, the respective values are 14.05 MPa and 22.23 MPa for material failure, with a decrease of approximately 50% when discontinuity planes influenced the failure mode. For the uniaxial compressive strength, an average value for failure influenced by discontinuity planes was 127.51 MPa, which still enabled the classification of the rock as having very high strength.

### PENGENALAN

Pembinaan Pusat pentadbiran baru negara di Putrajaya telah mendedahkan beberapa penemuan baru geologi. Di antaranya yang telah dilaporkan ialah oleh Abdul Rasid Jaafar *et al.* (2002) dan Lim (2001). Geologi kawasan Putrajaya juga dirasai lebih kompleks berbanding gambaran awal oleh Chow *et al.* (1994). Kertas kerja ini mengemukakan hasil kajian mekanik batuan salah satu singkapan di Putrajaya yang dirasai luar biasa di kawasan selatan Selangor. Kawasan kajian terletak pada garis lintang 02° 56'N dan garis bujur 101° 40'E, di kawasan Presint 8 di sempadan barat Putrajaya. Presint ini disempadani oleh Presint 7 dan 9 di bahagian barat dan Presint 10 di bahagian utara (Rajah 1). Keluasan kawasan kajian adalah kira-kira 100 m<sup>2</sup> dan Rajah 2 memberi padangan umum kawasan kajian. Semasa kajian dimulakan pada bulan April 2003, terdapat dua singkapan di situ tetapi satu singkapan telah dikorek untuk kerja-kerja pembinaan pada bulan Julai 2003. Geologi kawasan kajian adalah agak menarik kerana kawasan tersebut telah mengalami proses tektonik yang menghasilkan beberapa fitur geologi seperti zon breksia, zon milonit, lipatan, sesar dan zon rejahan lewat magma granit. Terdapat tiga jenis litologi yang dikenalpasti iaitu syis tremolit, syis grafit dan mikrogranit yang wujud sebagai korok di kawasan kajian.

### GEOLOGI AM KAWASAN KAJIAN

Hasil cerapan di lapangan menunjukkan bahawa hampir 70% litologi di kawasan kajian adalah terdiri daripada batuan metamorf. Pengkaji berpendapat bahawa batuan metamorf terbentuk akibat proses mampatan dan canggaan yang berulang-ulang kali. Terdapat tiga jenis litologi di kawasan kajian iaitu syis tremolit, syis grafit dan mikrogranit. Salah satu sempadan antara syis tremolit dan syis grafit adalah satah sesar yang jelas. Kedua-dua jenis litologi ini direjahi oleh mikrogranit yang mempunyai kelebaran hampir 1 m. Berdasarkan Chow *et al.* (1994) litologi utama di Putrajaya adalah Syis Hawthornden, manakala Lim (2001) menamakannya sebagai Syis Kajang. Tetapi, pengkaji berpendapat bahawa litologi di kawasan kajian hampir menyerupai litologi dalam Formasi Karak. Menurut Jaafar Ahmad (1976), dalam Formasi Karak tersingkap selang lapis antara syis grafit dan syis kuarza mika bersama dengan kekanta-kekanta syis amfibol. Abdul Ghani Rafek (1977) juga telah menemui keadaan kewujudan syis amfibol yang serupa di sekitar Bentong, Pahang. Di kawasan kajian, syis tremolit ditafsir wujud sebagai sesuatu kekanta yang agak besar dikelilingi syis grafit dengan salah satu sempadan sebagai satah sesar. Aspek ini masih dalam pemerhatian pengkaji dan akan dibincang pada kesempatan lain (Abdul Ghani Rafek *et al.* dalam persediaan).

## PENCIRIAN BAHAN BATUAN

Syis tremolit di kawasan kajian berwarna kelabu kehijauan (Rajah 3) iaitu bagi singkapan yang tidak terluluhawa dan berbentuk blok iaitu di bahagian timur laut singkapan. Hasil kaedah belauan sinar-X ke atas sampel syis tremolit yang diserbukkan menunjukkan bahawa sampel memang kaya dengan mineral tremolit. Mineral-mineral lain yang wujud mengikut kelimpahan masing-masing ialah *annite* (sejenis mineral kumpulan biotit), albit dan kaolinit.

Tremolit merupakan salah satu mineral yang tergolong dalam kumpulan amfibol. Kerr (1977) menyatakan bahawa mineral ini wujud dalam batu kapur yang termetamorf pada gred rendah hingga sederhana. Kehadiran mineral ini mencadangkan bahawa syis tremolit termetamorf pada Fasies Epidot-Amfibolit. Syis tremolit berwarna hijau dalam keadaan tanpa nikel. Mineral ini berbentuk turus (Rajah 4). Antara cirian lain mineral ini ialah bersifat pleokroik dan mempunyai jasad timbul yang tinggi. Mineral plagioklas yang wujud dalam sampel ini adalah terdiri daripada albit. Albit berbentuk euhedron dan

mempunyai kembaran. Selain daripada itu, batuan ini kaya dengan mineral oksida besi.

Struktur lipatan mikro yang dibentuk oleh mineral-mineral dalam sampel ini mencadangkan bahawa batuan ini telah mengalami metamorfisme rantau. Selain daripada itu, terdapat juga sesar mikro dalam batuan.

## UJIAN MEKANIK BATUAN

Memandangkan terdapat kurang data mekanik batuan bagi batuan seperti syis tremolit yang ditemui di Putrajaya, maka beberapa ujian mekanik batuan dijalankan ke atas batuan tersebut. Keputusannya ditunjuk dalam Jadual 1.

Nilai ketumpatan kering syis tremolit adalah relatif tinggi dengan nilai purata 3005.31 kg/m<sup>3</sup>. Nilai tinggi ini, bersama dengan nilai keliangan yang rendah mencerminkan keadaan batuan yang padat.

Ujian tukul Schmidt dilakukan di lapangan di atas singkapan syis yang segar dan terluluhawa sedikit. Nilai batuan segar iaitu gred 1 adalah antara 50 dengan 64 dengan nilai purata 58, berdasarkan 35 bacaan. Dengan nilai ini kekuatan syis tremolit boleh dianggarkan sebagai sangat tinggi.

Nilai-nilai kekuatan mampatan sepaksi, kekuatan regangan (ujian Brazil) dan indeks beban titik dipengaruhi oleh kehadiran ketakselajaran. Untuk setiap jenis ujian, nilai-nilai dapat dikelompokkan dalam sekurang-kurangnya dua kelompok. Nilai indeks beban titik bagi kes kegagalan bahan adalah agak tinggi dengan nilai purata 14.05 MPa, manakala kes kegagalan pengaruh satah ketakselajaran masih relatif tinggi dengan nilai purata 7.50 MPa. Bagi kekuatan regangan juga nilai kekuatan yang diperolehi adalah agak tinggi bila kegagalan bahan berlaku dan masih dikira sebagai relatif tinggi di mana kehadiran ketakselajaran jelas mempengaruhi ragam kegagalan.

Secara bandingan nilai-nilai kekuatan mampatan sepaksi yang diperolehi adalah tidak begitu tinggi. Ini adalah kerana ujian yang melibatkan kegagalan bahan tidak diperolehi dan kedua-dua kelompok memperlihatkan pengaruh ketakselajaran. Nilai kekuatan mampatan sepaksi yang sederhana rendah, iaitu nilai purata 64.24 MPa jelas



Rajah 1. Peta kawasan kajian, Presint 8, Putrajaya.



Rajah 2. Singkapan utama kawasan kajian.



Rajah 3. Sampel tangan batuan syis tremolit, Putrajaya.

**Jadual 1.** Hasil ujian mekanik batuan, syis tremolit, Putrajaya.

Parameter	Julat nilai	Nilai purata	Catatan
Ketumpatan kering ( $\text{kg/m}^3$ )	2945.45 - 3048.03	3005.31	Purata 20 bacaan
Keliangan, n%	0.15 - 0.35	0.27	Purata 20 bacaan
Ujian beban titik ( $I_{s50}$ ) (MPa)	7.27 - 9.25 10.84 - 16.73	7.5 14.05	9 Ujian 8 Ujian
Ujian kekuatan regangan (ujian Brazil) (MPa)	9.80 - 14.68 20.43 - 23.44	12.67 22.23	6 Ujian 4 Ujian
Nilai Pantulan tukul Schmidt	50 - 64	58	35 bacaan
Kekuatan Mampatan Sepaksi (MPa)	49.03 - 88.22 127.39 - 127.62	64.24 127.51	5 Ujian 4 Ujian

dipengaruhi oleh satah-satah ketakselajaran. Nilai yang sederhana tinggi, dengan nilai purata 127.51 MPa masih memperlihatkan pengaruh ketakselajaran (Rajah 5). Nilai ini juga dapat dikorelasikan dengan nilai indeks beban titik yang menunjukkan pengaruh ketakselajaran. Berdasarkan nilai kekuatan mampatan sepaksi ini batuan syis tremolit masih boleh dikelaskan sebagai berkekuatan sangat tinggi. Pembahagian nilai kekuatan adalah mengikut syor-syor *International Society for Rock Mechanics*, ISRM (Brown, 1981).

## KESIMPULAN

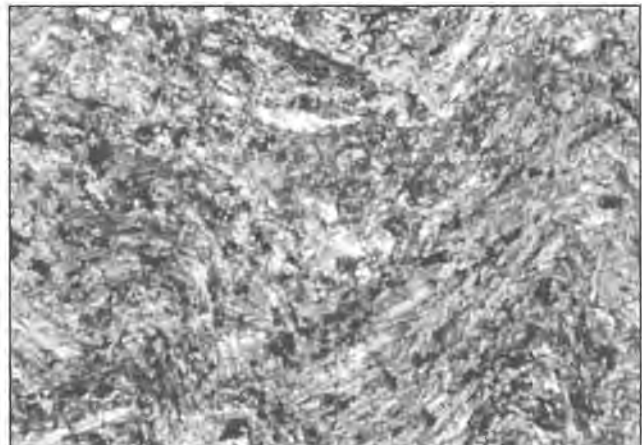
Berdasarkan ujian-ujian mekanik batuan yang dilaksanakan, syis tremolit di kawasan Putrajaya mempunyai kekuatan yang sangat tinggi. Kehadiran ketakselajaran menyebabkan penyusutan nilai kekuatan dalam lingkungan 50%.

## PENGHARGAAN

Para pengkaji ingin merakamkan penghargaan kepada ahli akademik di Geologi, Fakulti Sains & Teknologi, UKM, khususnya Prof. Dr. Hamzah Mohamad, atas bantuan dan kerjasama yang membolehkan penyediaan kertas kerja ini. Tidak lupa Prof. Dr. H.D. Tjia yang memperkenalkan kedudukan singkapan pada pengkaji dan kakitangan teknikal di Geologi, UKM, khususnya En. Jailani Miskam atas bantuan di lapangan dan makmal.

## RUJUKAN

- Abdul Ghani Rafek, 1977. *Geological and geotechnical investigations in the Bentong area, Pahang*. B.Sc.(Hons) Thesis Univ. Malaya. 66 p. (Unpubl.).
- Abdul Ghani Rafek, Hamzah Mohamad & Norsyafina Roslan (Dlm. Persediaan) Pencirian petrologi dan geokimia batuan syis amfibol di Putrajaya, Wilayah Persekutuan.
- Abdul Rasid Jaafar, Nuril Anwar Ahba & Azimah Hussin, 2002. The occurrence and classification of a hard rock body in Putrajaya and its implication to construction activities. *Proceedings Annual Geological Conference 2002*, Geological Society of Malaysia, p. 123-128
- Brown, E.T., 1981. *Rock characterization testing and monitoring*. ISRM Suggested methods. Pergamon Press, Oxford. 211 p.
- Chow, W.S., Nurzaidi Abdullah & Lai, K.H., 1994. *Geotechnical investigation of the proposed Pusat Pentadbiran Persekutuan Perang Besar*. Geological Survey Department of Malaysia, Kuala Lumpur.
- Jaafar Ahmad, 1976. The geology and mineral resources of the Karak and Temerloh areas, Pahang. *Geol. Survey Malaysia Dist. Mem.* 15, Kuala Lumpur. 138 p.
- Kerr, P.F., 1977. *Optical mineralogy*. Ed. Ke-4. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Lim, C.K., 2001. Structural style of Cyberjaya and Putrajaya, Selangor. *Proceedings Annual Geological Conference 2001*, Geological Society of Malaysia, p. 67 - 70.



**Rajah 4.** Fotomikro syis tremolit (lebar gambar ialah 10 mm).



**Rajah 5.** Kegagalan yang dipengaruhi oleh kehadiran satah ketakselajaran.