

Pencirian geomekanik batuan syis grafit Bt. Bujang, Kuala Kubu Baru, Selangor Darul Ehsan

(Geomechanical characterisation of a graphitic schist at Bt. Bujang,
Kuala Kubu Baru, Selangor Darul Ehsan)

ABDUL GHANI RAFEK, NG CHEONG KEAT DAN ABDUL RAHIM SAMSUDIN

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

Abstrak: Pencirian geomekanik batuan syis grafit dari Bt. Bujang, Kuala Kubu Baru, Selangor Darul Ehsan dilakukan dengan pemetaan profil luluhawa, survei seismos biasan, ujian pantulan tukul Schmidt, ujian indeks kekuatan beban titik $I_{s(50)}$ [MPa] dan ujian kebolehtahanan pemeroian Id_2 (%). Nilai halaju sebenar gelombang P, V_p bagi grad luluhawa I ialah diantara 2,000–2,500 ms^{-1} , grad II diantara 1,500–2,000 ms^{-1} , grad III diantara 900–1,500 ms^{-1} , grad IV diantara 750–900 ms^{-1} , grad V diantara 400–750 ms^{-1} dan grad VI diantara 250–400 ms^{-1} . Ujian mekanik batuan dilakukan atas bahan yang bersifat batuan, iaitu grad I, II dan III. Bagi grad I, nilai purata pantulan tukul Schmidt ialah 22, $I_{s(50)}$ ialah 0.99 MPa dan Id_2 ialah 90.32%. Masing-masing nilai purata bagi grad II ialah 16, 0.34 MPa dan 83.81% manakala untuk grad III ialah 11, 0.13 MPa dan 75.47%. Gabungan nilai indeks kekuatan beban titik dan kebolehtahanan pemeroian dapat membezakan tiga grad luluhawa ini secara kuantitatif.

Abstract: The geomechanical characterization of a graphitic schist from Bt. Bujang, Kuala Kubu Baru, Selangor Darul Ehsan was carried out using weathering profile mapping, refraction seismic survey, Schmidt hammer rebound test, point load index strength $I_{s(50)}$ [MPa] and slake durability test, Id_2 (%). The true P-wave velocity, V_p for weathering grade I was between 2,000–2,500 ms^{-1} , grade II between 1,500–2,000 ms^{-1} , grade III between 900–1,500 ms^{-1} , grade IV between 750–900 ms^{-1} , grade V between 400–750 ms^{-1} and grade VI between 250–400 ms^{-1} . The rock mechanics tests were conducted on rock material, that is grade I, II and III. For grade I, the average Schmidt hammer rebound value was 22, $I_{s(50)}$ was 0.99 MPa and Id_2 was 90.32%. For grade II these values were 16, 0.34 MPa and 83.81% and for grade III they were 11, 0.13 MPa and 75.47%. A combination of the point load index strength values and the slake durability values enabled a quantitative differentiation of the three weathering grades.

PENDAHULUAN

Penentuan kekuatan bahan bumi lazimnya dilakukan dengan mengenakan beban paksian terhadap sampel bahan tersebut sehingga gagal dan nilai kekuatan mampatan sepaksinya ditentukan. Pengelasan bahan bumi sebagai bahan batuan adalah berdasarkan nilai kekuatan mampatan sepaksi seperti yang telah disyorkan dalam beberapa sistem pengelasan umpamanya DIN 4017 (1979), *International Society for Rock Mechanics*, ISRM (Brown, 1981) dan *International Association of Engineering Geology*, IAEG, (1981). Berdasarkan sistem-sistem pengelasan tersebut, sempadan kekuatan mampatan sepaksi antara tanah dan batuan adalah dilingkungan nilai 1.0 MPa hingga 1.5 MPa.

Darjah pemadatan, penyimenan dan ciri sentuhan antara butiran-butiran menentukan tabii ikatan di antara butiran-butiran di dalam bahan bumi. Secara umum, bahan batuan mempunyai ikatan mineralogi yang tidak dapat diturunkan oleh air. Sebaliknya, ikatan butiran-butiran di dalam bahan tanah boleh diturunkan oleh air. Sifat ini telah dikenalpasti oleh Keil (1954) dan digunakan oleh *Deutsche Gesellschaft fuer Erd und Grundbau*, DGEG (Persatuan Geoteknik Jerman), (1982), bagi membezakan tanah dan batuan. Ujian

kebolehtahanan pemeroian, seperti yang dicadangkan oleh Franklin & Chandra (1972) juga berkaitan dengan sifat ini dan boleh digunakan untuk menilai kerintangan bahan batuan terhadap kitaran pembasahan dan pengeringan bersama dengan pembebanan mekanik. Ujian kebolehtahanan pemeroian adalah salah satu ujian yang boleh digunakan bagi penilaian ketahanan batuan argillit apabila terdedah kepada proses perluluhawaan. Dari segi kekuatan mampatan sepaksi, bahan tersebut mempunyai nilai diantara 0.50 MPa sehingga 5.0 MPa dan boleh dikelaskan sebagai bahan batuan dengan kekuatan yang berubah (DGEG, 1982). Penentuan nilai kekuatan mampatan sepaksi bagi bahan sedemikian sering menghadapi masalah penyediaan sampel.

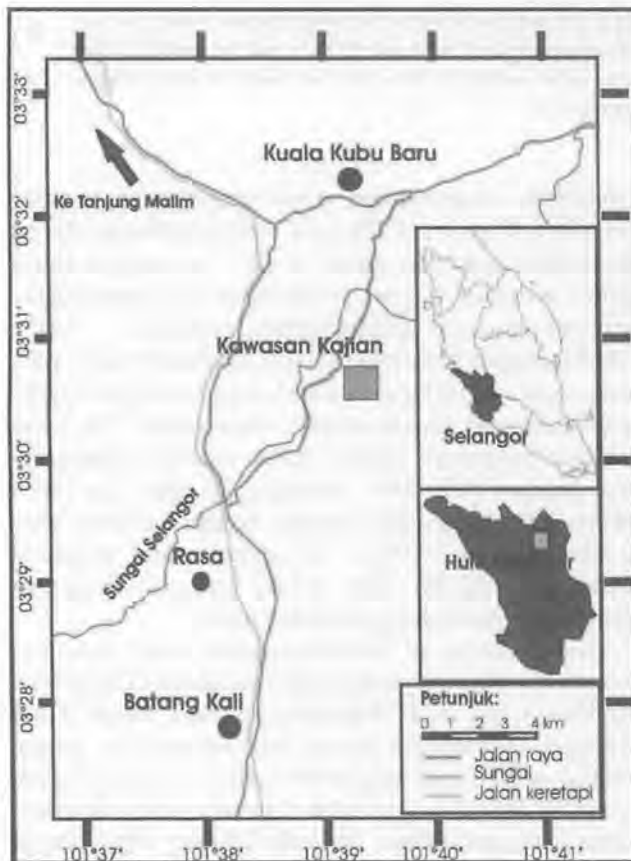
Kertas kerja ini membincangkan hasil pencirian geomekanik batuan syis grafit yang terdedah di satu tapak pembinaan rumah di Kampung Ampang Pecah, Hulu Selangor. Pemotongan sebuah bukit bernama Bt. Bujang pada tahun 2001 mendedah profil luluhawa lengkap batuan syis grafit dan peluang ini telah digunakan untuk pencirian bahan dan jasad batuan daripada keadaan segar hingga terluluhawa lengkap. Rajah 1 merupakan peta lokasi kawasan kajian.

GEOLOGI KAWASAN KAJIAN

Bt. Bujang adalah sebuah bukit di sebelah kiri jalan raya dari Kg. Rasa ke Kuala Kubu Baru, berdekatan dengan Kg. Ampang Pecah (Rajah 1). Pematangan bukit ini di tapak pembinaan rumah mendedahkan batuan syis grafit. Batuan ini menunjukkan satah-satah foliasi yang jelas dan secara umum berjurus utara-selatan. Sampel segar berwarna kelabu gelap dan senang menghitamkan tangan kerana kandungan grafitnya. Kekanta-kekanta kuarza ditemui pada singkapan batuan ini. Kajian mikroskopi menunjukkan mineralogi utama batuan ini ialah muskovit, kuarza dan grafit. Mineral muskovit dan kuarza tersusun dalam jalur, manakala grafit hadir sebagai jalur nipis diantara mineral tersebut. Kandungan kuarza dan muskovit adalah hampir sama, iaitu disekitar 35–45% manakala grafit dianggarkan sekitar 15–20%. Mineral pirit juga wujud dalam peratus yang rendah, iaitu kurang daripada 5%.

BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

Survei profil luluhawa jasad batuan syis grafit dilakukan mengikut pengelasan ISRM (Brown, 1981) dengan pengubahsuaian seperti yang disyorkan oleh Abdul Ghani Rafeq, *et al.* (1991). Ciri-ciri spesifik setiap gred luluhawa di tapak penyiasatan ditentukan dan digunakan bagi penyediaan peta gred luluhawa.



Rajah 1. Kedudukan kawasan kajian di Bukit Bujang, Hulu Selangor, Selangor D.E.

Survei seismos biasan digunakan untuk penentuan halaju sebenar gelombang P, V_p [m/s]. Seismograf 24 saluran ABEM Teraloc Mk3 digunakan untuk tujuan ini, dengan tukul besi seberat 4.5 kg sebagai punca tenaga. Kaedah masa pintasan dan masa salingan digunakan untuk penafsiran data.

Kekuatan bahan yang bersifat batuan, iaitu segar sehingga terluluhawa sederhana (gred I hingga III) ditentukan dengan ujian indeks beban titik (Broch & Franklin, 1972; ISRM, 1985) dan ujian pantulan tukul Schmidt (Brown, 1981). Ujian kebolehtahanan pemeroian, (Franklin & Chandra, 1972) mengikut prosedur ujikaji seperti dalam Brown (1981), juga dilakukan untuk bahan bersifat batuan dan dikelaskan mengikut cadangan Abdul Ghani Rafeq (1999).

HASIL DAN PERBINCANGAN

Hasil pencirian luluhawa batuan syis grafit, ujian pantulan tukul Schmidt, ujian indeks beban titik, ujian kebolehtahanan pemeroian dan survei seismos biasan dirumuskan dalam Jadual 1. Peta luluhawa cerun potongan ditunjukkan dalam Rajah 2, dan plot nilai kebolehtahanan pemeroian bagi kitaran kedua (Id_2) dengan indeks kekuatan beban titik ditunjuk dalam Rajah 3.

Secara umumnya batuan syis grafit yang segar (gred I) dicirikan oleh nilai kekuatan yang rendah dan boleh dikelaskan sebagai batuan lemah (Brown, 1981). Ujian indeks kekuatan beban titik menghasilkan nilai $I_{s(50)}$ diantara 0.49 MPa sehingga 1.70 MPa dengan nilai purata 0.99 MPa. Ujian dilakukan tegak terhadap satah foliasi pada sampel ketulan. Nilai pantulan tukul Schmidt yang diperolehi, iaitu diantara 20 hingga 25, menunjukkan bahawa batuan ini sesuai dikelaskan sebagai batuan lemah.

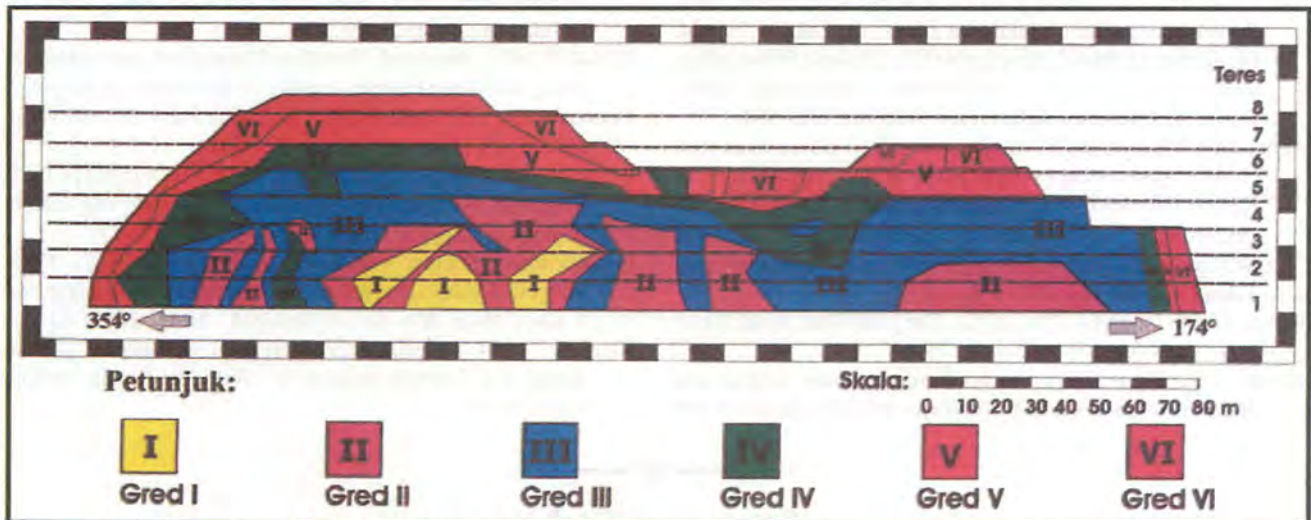
Peningkatan gred luluhawa dicirikan oleh penyusutan nilai kedua-dua indeks kekuatan beban titik dan nilai pantulan tukul Schmidt. Gred II menunjukkan julat nilai yang agak luas yang dapat dikaitkan dengan keheterogenan bahan didalam zon ini. Bagi gred luluhawa III, bahan tersebut mewakili sempadan tanah-batuan dan nilai bagi kedua-dua indeks kekuatan beban titik dan nilai pantulan tukul Schmidt memberi nilai minimum yang dapat ditentukan.

Ujian kebolehtahanan pemeroian bagi kitaran kedua Id_2 (%) menghasilkan tiga kelompok nilai yang dapat dikaitkan dengan tiga gred luluhawa yang dikaji. Gred I mempunyai nilai purata Id_2 sebanyak 90.32% manakala gred II dan III adalah masing-masing 83.81% dan 75.47%. Merujuk kepada pengelasan Franklin & Chandra (1972), bahan yang mempunyai nilai Id_2 melebihi 90% adalah batuan dengan kebolehtahanan yang sangat tinggi, manakala Id_2 diantara 75% hingga 90% mewakili tanah dengan kebolehtahanan yang tinggi.

Plot nilai kebolehtahanan pemeroian Id_2 , dengan indeks kekuatan beban titik $I_{s(50)}$ juga menghasilkan tiga kelompok nilai yang dapat dikaitkan dengan tiga gred luluhawa yang berbeza (Rajah 3). Mengikut pengelasan yang dicadangkan

Jadual 1. Rumusan pencirian geomekanik, syis grafit, Bt. Bujang, Kuala Kubu Baru, Selangor Darul Ehsan.

Unit Jasad	Gred Luluhawa	Penjelasan	Pantulan Tukul Schmidt		Kekuatan Beban Titik, (MPa)		Kebolehtahanan Pemeroian, Id, (%)		Halaju Sebenar Gelombang P (ms ⁻¹)
			Julat	Purata	Julat	Purata	Julat	Purata	
Batuan	I	Batuan segar. Tiada atau sedikit penyahwarnaan pada permukaan satah ketakselajaran utama. Batuan berwarna kelabu gelap.	20 – 25	23	0.49 – 1.70	0.99	86.79 – 93.86	90.32	2000 – 2500
	II	Batuan terluluhawa sedikit. Penyahwarnaan batuan hanya terhad pada permukaan satah ketakselajaran dan ada sedikit yang menusuk ke dalam melalui satah ketakselajaran.	12 – 20	16	0.16 – 0.53	0.34	76.74 – 88.55	83.81	1500 – 2000
	III	Batuan terluluhawa sederhana. Kurang daripada 50% bahan batuan terurai menjadi tanah. Batuan segar atau teryahwarna hadir sebagai ketulan. Struktur batuan asal boleh dilihat dengan jelas.	10 – 12	11	0.1 – 0.18	0.13	66.88 – 82.49	75.47	900 – 1500
Tanah	IV	Batuan terluluhawa sederhana. Lebih daripada 50% bahan batuan terurai menjadi tanah. Batuan segar atau teryahwarna hadir sebagai ketulan dalam keadaan tidak berterusan.	-	-	-	-	-	-	750 – 900
	V	Batuan terluluhawa lengkap. Semua bahan batuan terurai menjadi tanah. Tekstur batuan asal kekal. Warna batuan asal hilang dan menjadi warna perang kemerahan.	-	-	-	-	-	-	400-750
	VI	Tanah baki. Semua bahan batuan terurai menjadi tanah. Tekstur batuan asal termusnah sepenuhnya. Warna batuan asal hilang dan menjadi warna perang kemerahan	-	-	-	-	-	-	250-400



Rajah 2. Peta profil luluhawa, syis grafit, Bt. Bujang, Kuala Kubu Bharu, Selangor D.E.

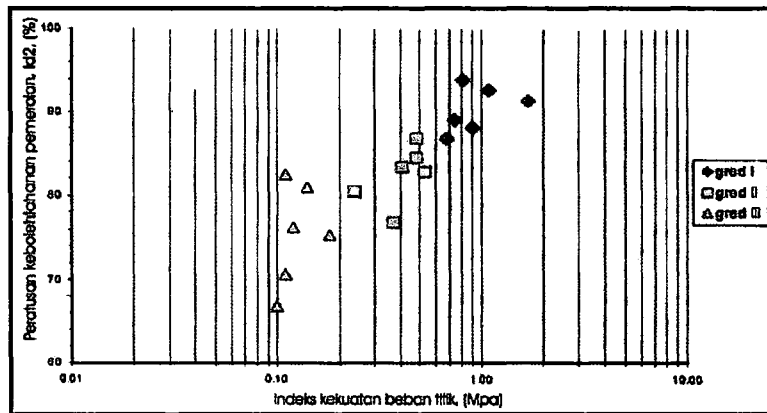
oleh Abdul Ghani Rafek (1999), gred I boleh dikelaskan sebagai batuan keras, manakala gred II dan III boleh dikelaskan sebagai batuan dengan kekuatan yang berubah. Keputusan ini menunjukkan keberkesanan pengelasan yang dicadangkan untuk membezakan gred luluhawa batuan secara kuantitatif. Perkara ini mewakili satu kelebihan berbanding dengan pengelasan gred luluhawa secara kualitatif sahaja.

Penafsiran survei seismos biasan dapat dikaitkan dengan gred luluhawa yang berbeza. Jasad batuan yang segar, iaitu gred I dicirikan oleh nilai halaju sebenar gelombang P, Vp, diantara 2,000–2,500 ms⁻¹. Zon gred II dicirikan oleh nilai Vp diantara 1,500–2,000 ms⁻¹ manakala gred III oleh nilai 900–1,500 ms⁻¹. Seterusnya gred IV, V dan VI masing-masing dapat dikaitkan dengan nilai Vp di antara 750–900 ms⁻¹, 400–750 ms⁻¹ dan 250–400 ms⁻¹. Bagaimanapun hasil kajian menunjukkan bahawa sempadan

seismos, khususnya bagi gred luluhawa yang sederhana dan tinggi adalah kurang tajam. Ini adalah kerana kaedah seismos adalah lebih sesuai untuk mengesan sempadan tajam, tetapi sempadan antara gred luluhawa tersebut adalah beransur-ansur.

KESIMPULAN

Pencirian geomekanik batuan syis grafit dapat dilakukan dengan penggunaan kaedah pemetaan profil luluhawa, survei seimos biasan, ujian pantulan tukul Schmidt, ujian indeks kekuatan beban titik dan ujian kebolehtahanan pemeroian. Gabungan ujian indeks kekuatan beban titik dan ujian kebolehtahanan pemeroian khususnya dapat membezakan secara kuantitatif tiga gred luluhawa bahan yang bersifat batuan. Kaedah seismos biasan dapat menentukan setiap gred luluhawa secara pukat.



Rajah 3. Plot nilai kebolehtahanan pemeroian (I_{d2}) dengan indeks kekuatan titik, syis grafit, Bt. Bujang, Kuala Kubu Bharu, Selangor D.E.

RUJUKAN

- ABDUL GHANI RAFEK, IBRAHIM KOMOO AND KADDERI MD. DESA, 1991. Survei lapangan profil luluhawa granit. In: Zakri A. Hamid, Ismail Sahid & Mohd. Noor Embi (Eds.), *Prioriti Penyelidikan untuk Kemajuan Sains dan Teknologi*. Kumpulan Kertas Kerja 16. Universiti Kebangsaan Malaysia, 552-560.
- ABDUL GHANI RAFEK, 1999. Application of a proposed weak rock classification system exemplified by using a phyllite from the Kenny Hill Formation, Kuala Lumpur. *Geotropika 99*. Proceedings of the Fifth Geotechnical Engineering Conference, November 22-24, 1999. Fakulti Kejuruteraan Awam, Universiti Teknologi Malaysia, 271-275.
- BROCH, E. AND FRANKLIN, J.A., 1972. The point load strength test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 9, 669-697.
- BROWN, E.T. (Ed.), 1981. *Rock Characterization Testing and Monitoring*. International Society for Rock Mechanics, *ISRM suggested methods*. Pergamon Press London, 211.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FUER ERD AND GRUNDBAU (DGEG), 1982. *Grundbegriffe der Felsmechanik und Ingenieurgeologie* (in German language). Essen, 426.
- DIN 4017, 1979. Baugrund. Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgruendungen (in German language), 7.
- FRANKLIN, J.A. AND CHANDRA, R., 1972. The Slake durability test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 9, 325-341.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY (IAEG), 1981. Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. *Bulletin of IAEG*, 24, 235-274.
- INTERNATIONAL SOCIETY FOR ROCK MECHANICS (ISRM), 1985. Suggested Method for determining the point load strength. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 22, 51-62.
- KEIL, K., 1954. *Ingenieurgeologie und Geotechnik*. Edisi Kedua (in German language). Wilhelm Knapp Verlag, Halle, 1132.

Manuscript received 14 March 2003