

Taburan ketakselanjarian dalam profil luluhawa batuan metasedimen – Kajian kes cerun potongan CH11540 – CH11700 Lebuhraya Baru Pantai, Kuala Lumpur

(Distribution of discontinuities in the weathering profiles of metasedimentary rocks – Case study of a cut slope between CH11540 – CH11700 of the New Pantai Expressway, Kuala Lumpur)

TAJUL ANUAR JAMALUDDIN

Gelogy Department, University of Malaya
50603 Kuala Lumpur, Malaysia

Abstrak: Cerun Potongan di CH11540 –CH11700 Lebuhraya Baru Pantai, Kuala Lumpur, terdiri daripada batuan metasedimen Formasi Kenny Hill, yang berusia Perm-Karbon. Formasi ini terdiri daripada selang lapis metabatu pasir, metabatu lumpur dan syal yang telah termetamorf menjadi seakan-akan filit. Cerun potongan setinggi 23m ini mendedahkan batuan terluluhawa sederhana (gred III) hingga sepenuhnya (gred V) dan tanah baki (gred VI).

Survei ketakselanjarian telah dilakukan pada setiap cerun teres dengan kaedah garis pengimbasan yang direntangkan pada permukaan cerun. Setiap satah ketakselanjarian yang memintasi garis imbasan ini direkodkan orientasinya (jurus dan kemiringan). Data-data ketakselanjarian tersebut diasingkan mengikut gred luluhawa batuan dan diplotkan ke dalam unjuran stereografi hemisfera bawah untuk menilai taburan ruangnya di dalam profil luluhawa.

Hasil kajian jelas menunjukkan bahawa orientasi ketakselanjarian relikta yang terawet di dalam “tanah kejuruteraan” (batuan gred IV - V), didapati hampir sama dengan orientasi ketakselanjarian yang terdapat di dalam “batuan dasar” (gred III). Ini membuktikan bahawa pemetaan struktur ketakselanjarian relikta secara terperinci dan teliti boleh memberikan gambaran sebenar orientasi ketakselanjarian pada batuan dasar, dengan syarat zon “tanah kejuruteraan” dan “batuan dasar” tersebut berada di dalam domain struktur yang sama.

Abstract: The cut slope between CH11540-CH11700 of the New Pantai Expressway, Kuala Lumpur consists of metasedimentary rocks of probable Permo-Carboniferous Kenny Hill Formation. The rocks consist of interbedded metasandstone, metamudstone and phyllitic shales. The 23 m high slope cut moderately (grade III) to completely weathered (grade V) rocks and residual soils (grade VI).

A discontinuity survey was conducted on all berm slopes by adopting the scan-line method. A measuring tape was stretched along the slope faces and for each discontinuity intersecting the scan line, their orientation (strike and dip) was recorded. The discontinuity data were separated according to the weathering grade of the rock mass and then plotted onto lower hemisphere stereographic projection, in order to assess their spatial distribution within the weathering profile.

Results of the study clearly show that the orientation of relict discontinuities in the “engineering soil” (grade IV and V) is almost similar to those encountered in the “bedrock” (grade III). This implies that results from the mapping of relict discontinuities can be reliably adapted to predict the orientation of structural discontinuities of bedrock, provided that the overlying “engineering soil” and underlying “bedrock” lie within the same structural domain.

PENGENALAN

Dalam rantau beriklim tropika lembab seperti di Malaysia, keadaan luluhawa kimia yang pesat menghasilkan tutupan tanah baki yang tebal. Ketebalan zon “tanah kejuruteraan” yang mencecah 20-30m di atas batuan dasar adalah suatu keadaan yang biasa ditemui di terrain beralun landai seperti di Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur. Keadaan ini sering mendatangkan masalah kepada jurutera geoteknik, malah kepada geologis untuk meramalkan keadaan struktur geologi yang terdapat pada batuan dasar di bawah tanah tutupan kerana kesukaran mendapatkan singkapan batuan. Kaedah yang sering diamalkan selama ini ialah dengan membuat lubang gerudi.

Namun kaedah ini mempunyai limitasi tersendiri kerana teras gerudi yang diperolehi cuma boleh memberikan sudut kemiringan ketakselanjarian yang dipintasi oleh lubang gerudi tersebut. Maklumat ini ternyata tidak memadai kerana ia tidak dapat memberikan orientasi (jurus dan kemiringan) satah-satah ketakselanjarian.

Maklumat orientasi dan keadaan ketakselanjarian sangat penting dalam kerja-kerja penggalian seperti pembinaan cerun potongan, pendasaran, dan penerowongan, kerana kelakuan geomekanik dan kestabilan jasad batuan sangat dipengaruhi oleh kehadiran ketakselanjarian (Tajul Anuar Jamaluddin, 1992, 1999, 2000a, b, 2001; Tajul Anuar Jamaluddin & Ahmad Nizam Hassan, 2001; Tajul Anuar Jamaluddin & Muhammad Fauzi

Deraman, 2000; Tajul Anuar Jamaluddin & Mustaffa Kamal Shuib, 1999).

Singkapan batuan semulajadi yang baik dan segar memang sukar ditemui di negara ini. Jika adapun hanya terhad di kawasan-kawasan seperti pantai berbatuan, tebing sungai peringkat muda ataupun cenuram-cenuram di kawasan pergunungan. Bagaimanapun, di Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur, singkapan-singkapan batuan buatan manusia biasanya boleh ditemui pada potongan-potongan cerun jalan, lebuh raya dan juga di kuari-kuari.

Kesempatan yang diperolehi daripada projek pembinaan Lebuhraya Baru Pantai, yang mana melibatkan pembinaan potongan cerun yang agak tinggi, telah digunakan untuk mengkaji ragam taburan ketakselajaran pada batuan metasedimen terluluhawa. Potongan cerun yang masih baru lazimnya mampu mendedahkan struktur-struktur relikta dengan agak jelas dan meyakinkan.

KAEDAH KAJIAN

Pemetaan ketakselajaran dilakukan dengan kaedah 'garis imbasan' (Priest & Hudson, 1976). Pita pengukur direntangkan pada permukaan cerun dan setiap ketakselajaran yang memintasi garis imbasan, dicatitkan orientasinya. Bagaimana pun, maklumat cirian ketakselajaran seperti panjang, keterusan, bahan pengisi, bukaan, kehadiran air, dsbnya (ISRM, 1981; Ibrahim Komoo & Mat Juhari, 1985) tidak diambilkira kerana maklumat-maklumat tersebut agak sukar diperolehi daripada jasad batuan yang terluluhawa tinggi.

Data-data ketakselajaran direkodkan mengikut gred luluhawa batuan yang menganduginya dan dipetakan ke atas peta dasar berskala 1:100. Dengan cara ini, taburan ketakselajaran di dalam gred luluhawa yang berbeza boleh dinilai, samada menunjukkan persamaan atau tidak. Data-data ketakselajaran itu diplotkan ke dalam unjuran stereografi sama luas (jaringan Schmidt) dan gambarajah ros untuk analisis statistik.

GEOLOGI CERUN

Cerun potongan yang dikaji terletak berhampiran dengan Jalan Kuchai Lama, iaitu di antara CH11540-CH11700 Lebuhraya Baru Pantai (Rajah 1 dan 2). Ketika kajian ini dilakukan cerun tersebut masih dalam pembinaan. Cerun potongan tersebut mengandugi 4 teres selebar 1.5m setiap satu dan setiap teres tersebut diselangi oleh cerun teres yang berketinggian tegak 5m dan bersudut sekitar 45°-47°. Cerun-cerun teres ini dinamakan sebagai Cerun A, Cerun B, Cerun C, Cerun D dan Cerun E (lihat Rajah 3). Tinggi keseluruhan cerun ialah kira-kira 23m.

Cerun ini mendedahkan batuan metasedimen Formasi Kenny Hill, yang dilaporkan berusia Perm – Karbon (Abdullah Sani Hashim, 1985); terdiri daripada selang-lapis batuan metabatu pasir, metabatu lumpur dan syal yang telah termetamorf seakan-akan menjadi filit. Batuan metabatu pasir berwarna kelabu cerah dan berbutir halus

hingga sederhana, dengan ketebalan lapisan berjulat daripada beberapa cm hingga 0.8 m. Lapisan metabatu lumpur dan syal pula berwarna kelabu perang hingga perang kemerahan, berbutir halus dan ketebalan lapisan biasanya berjulat di antara 3 hingga 10 cm.

Canggaan tektonik telah menyebabkan batuan di sini termiring sederhana curam, 25°-45° kerah barat laut. Metabatu lumpur kadang-kadang memperlihatkan struktur foliasi yang berkeadaan hampir selari dengan perlapisan. Metakuarsit lazimnya bersifat masif tanpa sebarang struktur primer dalaman. Struktur perlapisan masih boleh dilihat dengan jelas dan merupakan salah satu set ketakselajaran utama pada jasad batuan. Kekar merupakan struktur ketakselajaran utama pada kesemua jenis litologi di sini. Sekurang-kurangnya 4 set kekar boleh dibezakan. Sesar-sesar minor juga lazim ditemui pada cerun kajian.

Fitur geologi yang menarik pada cerun potongan ini ialah kehadiran longgokan koluvium di bahu kiri dan kanan cerun, yang menindih batuan terluluhawa *in-situ*. Kehadiran bahan koluvium (atau mungkin juga sisa tanah daripada kerja-kerja pembinaan kawasan perumahan di bahagian atas cerun) tersebut hanya disedari semasa kajian ini dijalankan. Bahan tersebut bersifat longgar, terdiri daripada campuran serpihan-serpihan batuan terluluhawa, sedikit kerikil-kerikil laterit dan kuarza dan tanah lempung berlodak yang lembut dan lembab. Bahan ini mempamerkan fabrik yang terganggu hebat dan mengandungi satah-satah gelinciran relikta yang jelas menggambarkan bahawa bahan tersebut telah mengalami pergerakan menuruni cerun. Sempadannya dengan batuan *in-situ* jelas ditandai oleh lapisan nipis bahan berwarna hitam, seakan-akan lignit, yang berasal daripada sisa-sisa tumbuhan. Bahan koluvium ini terdedah kepada ancaman hakisan, berkeadaan tidak stabil dan berpotensi untuk menimbulkan kegagalan gelinciran pada cerun potongan tersebut (Tajul Anuar Jamaluddin, 2001).

Daik igneus, selebar kira-kira 0.5 m, kemungkinan aplit, juga ditemui menerobosi batuan dinding mengikuti satah sesar. Daik tersebut berkemiringan hampir menegak dan berjurus hampir U-S, terluluhawa sepenuhnya dan dicirikan oleh tanah LODAK berlempung, berwarna merah keperangan.

LULUHAWA

Bahan luluhawa gred VI (tanah baki) cuma terdapat di bahagian paling atas cerun (Cerun A), dan ketebalannya berjulat sekitar 2-3 m. Bahan gred VI ini lazimnya ditemui dalam bentuk tanah LODAK berlempung, lembut dan berwarna perang kekuningan hingga kemerahan (Rajah 4).

Bahan gred V (terluluhawa sepenuhnya) secara relatifnya lebih keras berbanding gred VI, dan terdiri daripada tanah LODAK berpasir hingga berlempung, yang kaku hingga keras (Rajah 5). Bahan ini terdapat pada Cerun A dan dibahagian tepi kiri dan kanan Cerun B, C, D dan E (Rajah 3). Bahan gred V masih memperlihatkan



Rajah 1. Pandangan hadapan cerun potongan pada batuan metasedimen terluluhawa serdahana (gred III) hingga tanah baki (gred VI), CH11540-11700 Lebuhraya Baru Pantai, Kuala Lumpur.

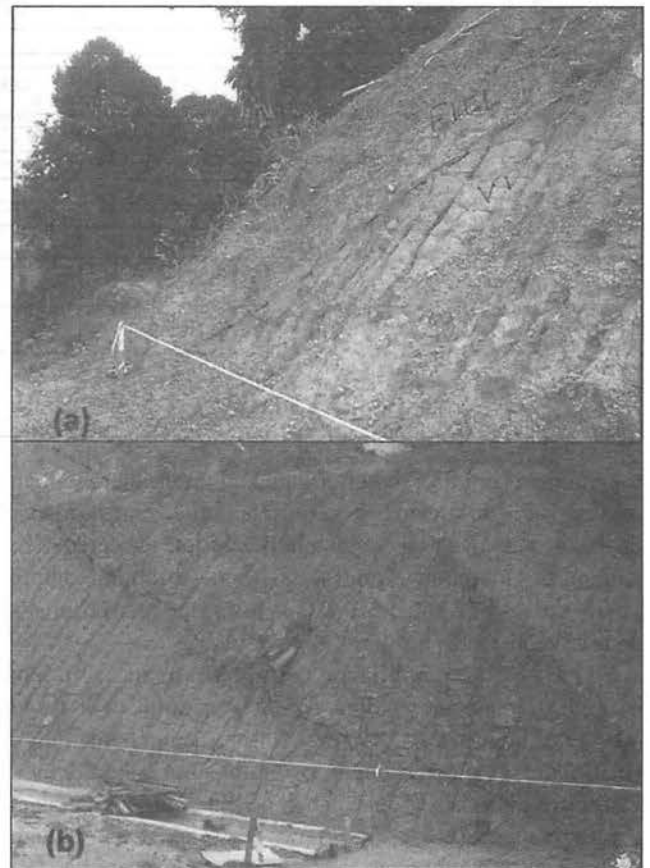
fabrik asal batuan dan struktur-struktur relikta seperti peralihan, foliasi dan kekar masih boleh dikesan jika dicerap pada jarak dekat dan secara cermat. Adakalanya penggunaan tukul geologi perlu untuk memastikan kehadiran struktur-struktur relikta tersebut.

Bahan gred IV umumnya tertumpu di bahagian tengah cerun B dan C serta di sayap kiri dan kanan cerun D dan E (Rajah 3). Bahan ini berkelakuan sebagai batuan lemah, yang mana kelakuannya sangat dikawal oleh ketakselajaran. Tekstur dan struktur asal batuan (kekar, foliasi, peralihan, sesar) terpelihara dengan baik dan jelas kelihatan (Rajah 6) di dalam batuan gred IV. Bahan gred III (terluluhawa sederhana) atau batuan dasar, hanya terdedah di bahagian tengah Cerun D dan E. Struktur-struktur ketakselajaran paling jelas kelihatan di dalam batuan gred III (Rajah 7).

HASIL KAJIAN – KETAKSELANJARAN DAN TABURANNYA

Data-data yang diperolehi daripada survei ketakselajaran diplotkan ke dalam unjuran stereografi mengikut gred luluhawa jasad batuan yang mengandungnya. Plot stereografi satah-satah ketakselajaran untuk jasad batuan terluluhawa sederhana (gred III), terluluhawa tinggi (gred IV) dan terluluhawa sepenuhnya (gred V), masing-masing ditunjukkan dalam Rajah 8A, B dan C. Untuk melihat taburan ketakselajaran pada keseluruhan jasad batuan pembentuk cerun, kesemua data ketakselajaran tersebut digabungkan dalam satu plot stereografi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8D. Untuk mempermudah analisis visual, gambarajah ros untuk jurus satah-satah ketakselajaran bagi setiap gred luluhawa batuan juga disediakan dalam Rajah 2. Hasil analisis plot stereografi ini diringkaskan di dalam Jadual 1.

Daripada Jadual 1, plot-plot stereografi dan gambarajah ros (Rajah 8A, B dan C), jelas kelihatan bahawa taburan ketakselajaran di dalam gred-gred luluhawa yang berbeza (gred III, IV dan V) memperlihatkan keseragaman bilangan set dan orientasi yang meyakinkan,



Rajah 2. Kehadiran longgokan kolumium di bahu kiri (a) dan kanan (b) cerun, yang menindih secara tak selaras lapisan tanah baki (gred VI).

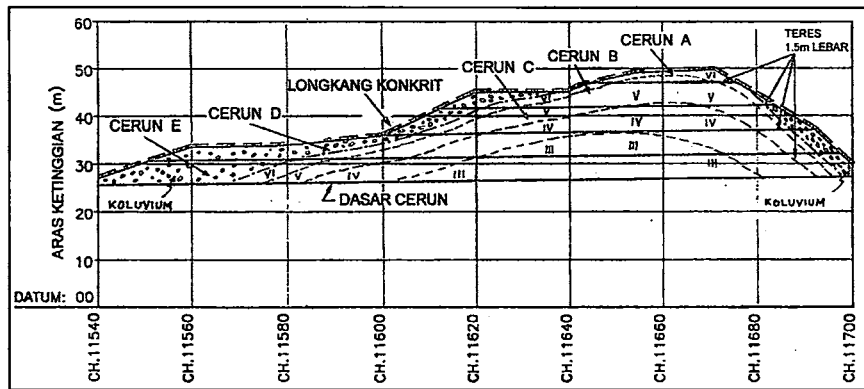
terutamanya pada set-set ketakselajaran major (peralihan dan kekar-kekar major). Sejumlah 4 set ketakselajaran dapat dikenalpasti daripada setiap jasad batuan walaupun dengan gred luluhawa yang berbeza. Keputusan ini disokong dan diperjelaskan lagi oleh plot stereografi untuk ketakselajaran daripada keseluruhan jasad batuan pembentuk cerun (Rajah 8D).

PERBINCANGAN

Ketakselajaran relikta yang terawet di dalam batuan terluluhawa tinggi (gred IV) hingga terluluhawa

Jadual 1. Ringkasan taburan (bilangan set dan orientasi) ketakselanjarian di dalam jasad batuan pembentuk cerun mengikut gred luluhawa yang berbeza.

Gred Luluhawa	Gred III		Gred IV		Gred V		Keseluruhan Cerun	Catatan
	Orentasi Purata (Jurus/Kemiringan)	Orentasi Purata (Jurus/Kemiringan)	Orentasi Purata (Jurus/Kemiringan)	Orentasi Purata (Jurus/Kemiringan)	Orentasi Purata (Jurus/Kemiringan)	Orentasi Purata (Jurus/Kemiringan)		
Ketakselanjarian	J1	204°/46°	204°/52°	204°/28°	203°/45°	Perlappingan, Foliasi		
	J2	300°/75°	296°/82°	300°/82°	298°/82°	Kekar major		
	J3	354°/80°	347°/76°	358°/80°	343°/77°	Kekar major		
	J4	068°/65°	044°/66°	075°/80°	058°/70°	Kekar		



Rajah 3. Lakaran keratan memenjang cerun potongan di antara CH11540-CH11700 Lebuhraya Baru Pantai, Kuala Lumpur. Penamaan setiap cerun teres (Cerun A, B, C, D & E) ditunjukkan dalam rajah ini.

sepenuhnya (gred V), boleh digunakan untuk meramalkan orientasi dan bilangan set ketakselanjarian yang terdapat di dalam batuan dasar yang relatif lebih segar (gred III). Kajian ini membawa implikasi besar, terutama dalam kerja-kerja penggalian jasad batuan, terutamanya pemotongan cerun.

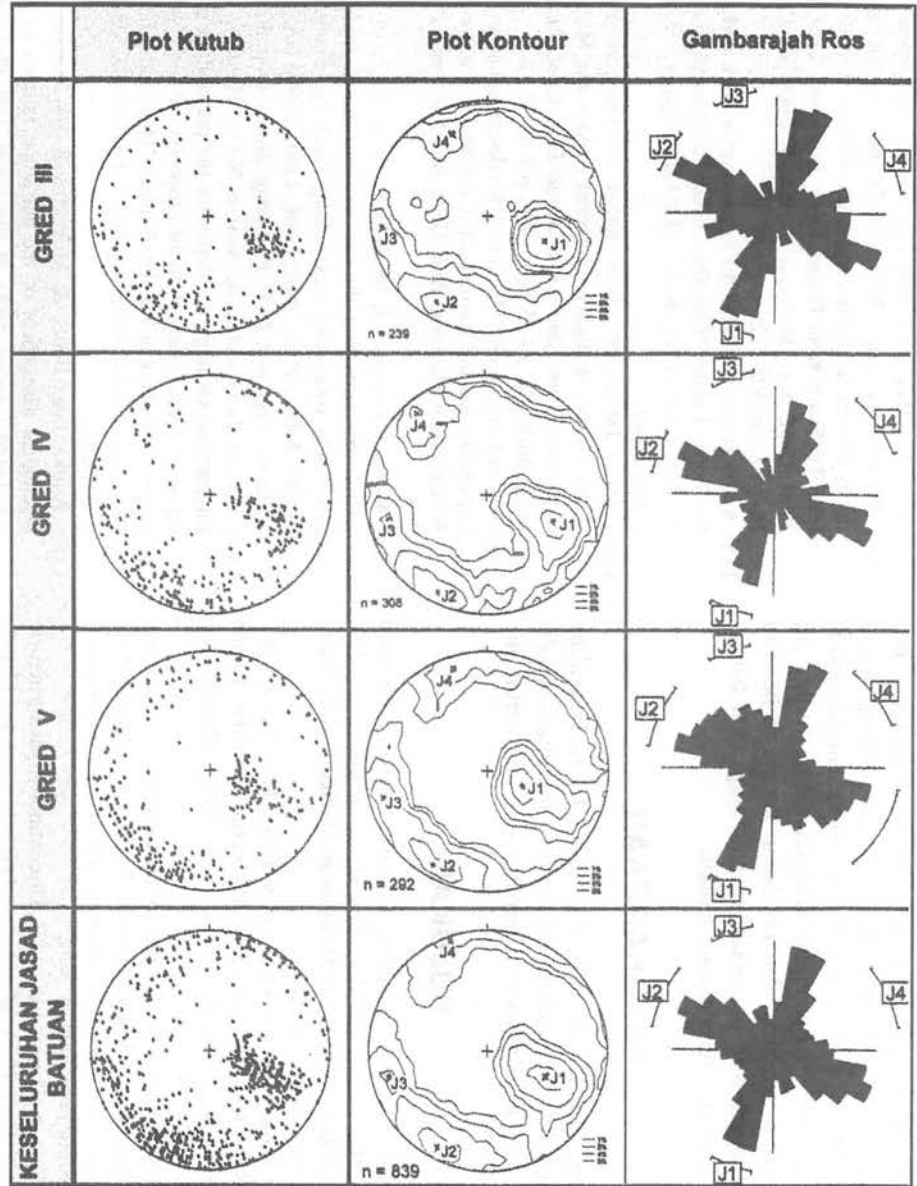
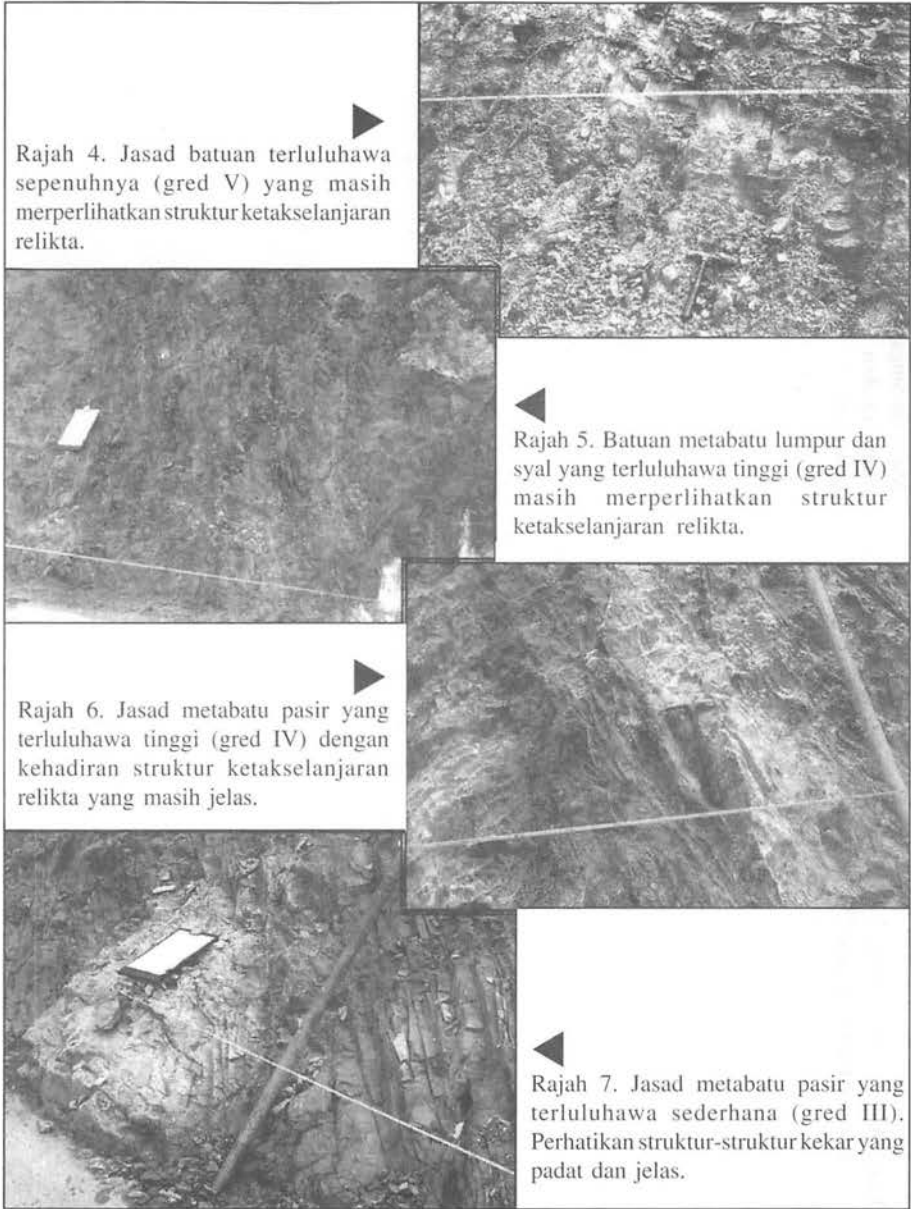
Kerja-kerja pembinaan cerun potongan lazimnya bermula dengan penggalian dalam zon tanah baki (gred VI), diikuti dengan gred V, IV dan seterusnya batuan gred III, II dan I, jika pemotongan cerun tersebut cukup dalam. Kesempatan perlu diambil oleh geologis untuk memetakan ketakselanjarian relikta yang terawet di dalam zon batuan terluluhawa sepenuhnya – terluluhawa tinggi (gred V-IV) di peringkat awal penggalian. Dengan cara ini, kestabilan cerun yang sedang dalam pembinaan boleh dinilai dengan yakin. Jika di dapati wujud masalah-masalah ketaksetabilan, maka langkah-langkah pengawasan boleh direncana dengan segera, samada rekabentuk asal cerun yang sedang dibina itu perlu dipinda, diteruskan atau diteruskan dengan mengambil langkah-langkah penstabilan yang sewajarnya. Umpamanya, memasang bolt, pepaku tanah (soil nails), diinding penahan (retaining wall), sauh tanah (ground anchor) atau sebagainya.

Pembinaan cerun potongan pada batuan terluluhawa tinggi hingga sepenuhnya (zon tanah kejuruteraan) seperti yang disajikan dalam kertas ini, sering dibuat tanpa penglibatan input ketakselanjarian. Amalan jurutera lazimnya merekabentuk cerun potongan sebegini dengan

hanya berpandukan kepada data-data lubang gerudi, seperti nilai SPT (Standard Penetration Test) dan data-data makmal seperti nilai kekuatan tanah, sudut geseran dalaman (ϕ) dan jelekitan (c) sampel yang didapati daripada lubang gerudi. Pada hakikatnya, pengalaman di Malaysia jelas menunjukkan bahawa kebanyakan kes kegagalan cerun potongan pada zon tanah kejuruteraan sangat dipengaruhi oleh kehadiran dan orientasi ketakselanjarian relikta (Tajul Anuar Jamaluddin, 1992, 2000a, b, 2001; Tajul Anuar Jamaluddin & Muhammad Fauzi Deraman, 2000; Tajul Anuar Jamaluddin & Mustaffa Kamal Shuib, 1999). Oleh itu suatu pendekatan yang realistik dalam menangani masalah kestabilan cerun potongan “tanah kejuruteraan” atau batuan terluluhawa tinggi perlu dicari agar cerun-cerun yang dibina direkabentuk dengan selamat dan ekonomi.

KESIMPULAN

Taburan ketakselanjarian relikta di dalam zon batuan terluluhawa tinggi-sepenuhnya (gred IV-V) boleh digunakan untuk mengenalpasti kehadiran dan taburan ketakselanjarian di dalam batuan dasar. Keadaan ini lazimnya benar dan boleh diaplikasi dalam kerja-kerja kejuruteraan geoteknik, dengan syarat zon “tanah” dan batuan dasar berada di dalam domain struktur yang sama. Dengan kata lain, zon tanah masih *in-situ* dan tidak dipisahkan daripada zon batuan dasar oleh satah-satah



Rajah 8. Hasil analisis data ketakselajaran dalam bentuk plot stereografi (plot kutub dan plot kontour) dan gambarajah ros mengikut luluhawa jasad batuan pembentukan cerun.

sesar major atau satah ketakselarasan. Andaian ini, bagaimana pun tidak semestinya relevan sekiranya jasad batuan (khususnya batuan sedimen dan batuan metamorf) itu telah terlipat. Pemetaan ketakselajaran relikta ini memerlukan ketelitian dan kesabaran kerana ia berbeza dengan melakukan pemetaan ke atas singkapan batuan yang segar atau terluluhawa sedikit.

PENGHARGAAN

Penghargaan kepada Ir. Chew Kam Choy, Perunding ZKR Sdn. Bhd. yang telah memberi peluang kepada penulis untuk melakukan pemetaan terperinci ke atas cerun ini.

RUJUKAN

- ABDULLAH SANI HASHIM, 1985. Discovery of an ammonoid (*Agathiceras* sp.) and crinoid stems in the Kenny Hill Formation of Peninsular Malaysia and its significance. *Warta Geologi*, 11(5):205-212.
- IBRAHIM KOMOO, IBRAHIM ABDULLAH & JUHARI MAT AKHIR, 1985. Ketakselajaran dan kestabilan cerun di Bukit Taman Melawati, Wilayah Persekutuan. *Sains Malaysiana*, 12(2):119-140.
- ISRM, 1981. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. In: Brown, E. T. (ed.), *Rock Characterisation and monitoring – ISRM suggested Methods*. Oxford, Pergamon, p. 3-52.
- PRIEST, S. D. & HUDSON, J. A., 1976. Discontinuity spacing in rock. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr.*, 13:135-148.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN, 2001. Lebu Raya Baru Pantai – Engineering Geological Mapping of the Cut Slopes Between CH11540-CH11700, Part II. 11p. (unpublished report)
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN, 2000a. Relict structures and the cut slopes failures in highly-completely weathered rocks along Jalan Tg. Siang, Kota Tinggi, Johor. *Proc. Ann. Geol. Conf. 2000, Geol. Soc. Malaysia, Sept. 8-9, 2000, P. Pinang, Malaysia*. p. 305-312..
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN, 2000b. Engineering Geological Mapping For Slopes. Lecture Note. *Short Course in Slope Engineering, 12-15th June 2000, Kolej IKRAM, Kajang. (Limited Publication)*.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN, 1999. Relict structures and the cut slopes failures in highly weathered rocks – the Malaysian experience. *Proc. 2nd Asian Symp. Eng. Geol. Environ., Bangi Malaysia, 23-25 Sept 1999*, p.7-47-50.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN, 1992. Survei ketakselajaran dan ragam kegagalan cerun batuan di Lebuhraya Timur-Barat Semenanjung Malaysia *Bull. Geol. Soc. Malaysia*; 29:207-245.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN & MUHAMMAD FAUZI DERAMAN, 2000. Relict structures and the cut slopes failures in highly-completely weathered rocks along Jalan Tg. Siang, Kota Tinggi, Johor. *Proc. Ann. Geol. Conf. 2000, Geol. Soc. Malaysia, Sept. 8-9, 2000, P. Pinang, Malaysia*. p. 305-312.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN & AHMAD NIZAM HASSAN, 2001. Engineering Geology of Slopes for the preparation of EIA reports – A case study from the proposed site for a National Secondary School at Ringlet, Cameron Highland, Malaysia. *Proc. Ann. Geol. Conf. 2001, June 1-3, Geol. Soc. Malaysia*, p. 247-253.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN & MUSTAFFA KAMAL SHUIB, 1999. Geological assessment of the cut slope failures in highly weathered igneous rocks at the Senai Toll Plaza of the Malaysia-Singapore Second Crossing Expressway, Johore, Malaysia. *Ann. Geol. Conf. 1999, 29-30 May 1999, Desaru* (abstract).