

## Pencirian geofizik dan geologi kejuruteraan profil luluhawa syis kuarza-mika di km 67, Lebuhraya Timur-Barat, Malaysia

ABDUL GHANI RAFEK<sup>1</sup>, ABDUL RAHIM SAMSUDIN<sup>1</sup>, RAHMAN YACCUP<sup>1</sup>, UMAR HAMZAH<sup>1</sup> DAN  
KHAIRUL ANUAR MOHD NAYAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam  
Fakulti Sains & Teknologi

<sup>2</sup>Jabatan Kejuruteraan Awam dan Struktur  
Fakulti Kejuruteraan  
Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor

**Abstrak:** Pemetaan profil luluhawa dan penentuan gred luluhawa cerun potongan batuan syis kuarza mika di km 67 Lebuhraya Timur-Barat, utara Semenanjung Malaysia dikorelasikan dengan survei seismos biasan dan pengimejan keberintangan geoelektrik untuk penentuan nilai sebenar halaju gelombang P ( $V_p$ ) dan keberintangan geoelektrik spesifik bagi setiap gred luluhawa. Batuan segar dan sedikit terluluhawa (gred I dan II) dicirikan oleh nilai  $V_p$  yang tinggi, di antara 2300 m/s sehingga 5300 m/s. Keamatan ketakselajaran mempengaruhi nilai  $V_p$  di mana nilai  $V_p$  lebih rendah di zon-zon peretakan tinggi. Gred III mempunyai nilai  $V_p$  di antara 1200 m/s sehingga 2300 m/s dengan  $V_p$  di antara 250 m/s sehingga 1200 m/s bagi gred VI, V dan IV. Julat nilai keberintangan geoelektrik spesifik ialah <2525 ohm.m bagi gred VI dan V, 2526 m/s ohm.m sehingga 5025 ohm.m bagi gred IV, 5026 ohm.m sehingga 7025 ohm.m untuk gred III dan melebihi 7025 ohm.m bagi gred II dan I.

**Abstract:** Mapping of the weathering profile and determination of weathering grade were correlated with a refraction seismic survey and geoelectrical resistivity imaging of a quartz mica schist rock slope at km 67, east-west highway, northern Peninsular Malaysia, to obtain the true P-wave velocities ( $V_p$ ) and specific geoelectrical resistivities for each weathering grade. Fresh and slightly weathered rock (grade I and II) is characterised by high  $V_p$  values ranging from 2300 m/s to 5300 m/s. The intensity and extent of discontinuities influence the  $V_p$  values, where lower  $V_p$  values are obtained for highly fractured zones. Grade III has  $V_p$  values between 1200 m/s to 2300 m/s with  $V_p$  values between 250 m/s to 1200 m/s for grade VI, V and IV. The range of specific geoelectrical resistivities is <2525 ohm.m for grade VI and V, 2526 ohm.m to 5025 ohm.m for grade IV, 5026 ohm.m to 7025 ohm.m for grade III dan more than 7025 ohm.m for grade II and I.

### PENDAHULUAN

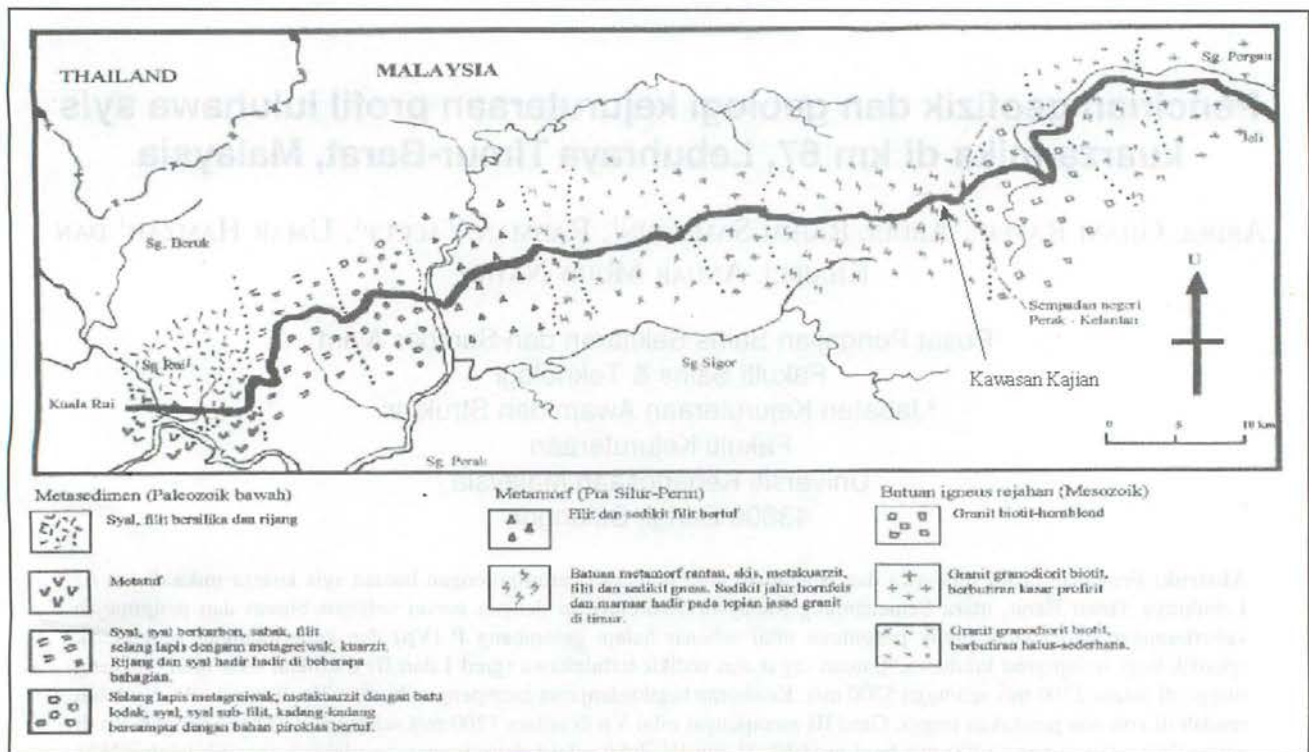
Geologi sesuatu kawasan, iaitu jenis batuan atau litologi dan ciri-ciri jasad batuan seperti ketakselajaran dan peluluhawaan memainkan peranan penting dalam kajian geologi kejuruteraan. Penentuan dan pencirian geologi kejuruteraan boleh dilakukan dengan survei dan pemetaan permukaan di singkapan batuan, penggerudian untuk memperolehi maklumat bawah tanah dan juga kaedah geofizik. Kaedah-kaedah geofizik bila ditafsirkan bersama dengan maklumat geologi, samada daripada pemetaan permukaan ataupun lubang gerudi boleh menambahkan kuantiti dan mutu maklumat geologi kejuruteraan di sesuatu tapak. Satu lagi kelebihan kaedah tersebut ialah kos yang relatif rendah dan perlaksanaan yang cepat bila dibandingkan dengan jumlah maklumat yang boleh diperolehi. Akan tetapi survei geofizik perlu dilaksanakan dengan teliti dan disesuaikan dengan keadaan bawah tanah dan masalah yang ingin diselesaikan.

Memandangkan pengaruh geologi terhadap keputusan geofizik, beberapa kaedah geofizik sedang diuji di lokaliti

lokaliti dengan geologi yang berbeza. Salah satu lokaliti ialah di km 67, Lebuhraya Timur-Barat di utara Semenanjung Malaysia. Lokaliti ini merupakan satu cerun potongan batuan syis kuarza mika di mana profil luluhawa lengkap terdedah dan sesuai untuk pencirian jasad batuan yang segar sehingga terluluhawa sepenuhnya. Ruang di lokaliti ini juga mencukupi untuk melaksanakan survei geofizik.

### GEOLOGI KAWASAN KAJIAN

Lebuhraya Timur-Barat yang berpanjangan hampir seratus kilometer terdiri daripada kepelbagaian litologi seperti batuan metasedimen, batuan metamorf dan juga batuan igneus. Peta geologinya (mengikut Tajul Anuar Jamaludin, 1990) ditunjuk pada Rajah 1. Cerun potongan di km 67 (Rajah 2) terdiri daripada syis kuarza mika yang dipercayai sebahagian Formasi Baling. Batuan segar terdiri daripada jalur-jalur keputihan dan hijau gelap-kelabu gelap mengandungi kuarza dan mika yang membentuk kesyisan. Kandungan kuarza dalam batuan adalah hampir 60%



Rajah 1. Peta geologi Lebuhraya Timur - Barat (mengikut Tajul Anuar Jamaluddin, 1990).

manakala mika adalah 40%. Jenis utama mika dalam batuan ini ialah muskovit. Butiran kuarza bersaiz sederhana hingga kasar manakala mika bersaiz butiran halus hingga sederhana.

Jasad batuan di kawasan kajian mempunyai beberapa ciri akibat canggan tektonik. Satah foliasi memperlihatkan lipatan kerdut dan lipatan berskala kecil. Kekar dan sesar dengan saiz berbeza juga dicerapakan di lokaliti. Kehadiran satah-satah ketakselanjaran mengakibatkan jasad batuan mempunyai struktur berbongkah-bongkah.

## BAHAN DAN KAEDAH KAJIAN

Survei seismos biasan telah dilakukan dengan menggunakan seismograf 24 saluran ABEM Terraloc Mk3. Punca gelombang diperolehi melalui ketukan tukul besi seberat 10kg dan geofon yang mengesan pergerakan gelombang mempunyai frekuensi sebesar 14 Hz. Jarak diantara geofon-geofon adalah tetap iaitu 3m dan teknik tujuh titik tembak pada jarak -25.0 m, 1.5 m, 17.5 m, 34.5 m, 52.5 m, 67.5 m dan 94 m telah digunakan dalam survei ini. Kesemua data seismos yang diperolehi dari lapangan direkod menggunakan cakera liut 3.5inci dan diproses dengan bantuan perisian Refract (Walker *et al.*, 1991).

Survei profil luluhawa dilakukan untuk kesemua teres potongan cerun dan pemetaan gred luluhawa jasad batuan dilakukan berdasarkan pengelasan gred luluhawa *International Society for Rock Mechanics*, ISRM (Brown, 1981) dan Abdul Ghani Rafeq *et al.* (1991). Sistem pengelasan ini disesuaikan dengan keadaan jasad batuan di lokaliti ini.

Pengimejan keberintangan geoelektrik 2-D dijalankan melalui sistem multi-elektrod dengan menggunakan meter keberintangan ABEM SAS300C dan sistem LUND ES464 (Griffiths dan Barker, 1993). Garisan-garisan keberintangan dibuat pada kedudukan yang sama dengan kedudukan garisan survei seismos. Ini adalah untuk membolehkan kedua-dua parameter dan profil luluhawa dikorelasikan secara langsung. Data keberintangan yang diperolehi di lapangan diproses menggunakan program RES2DINV (Loke dan Barker, 1996).

## HASIL DAN PERBINCANGAN

Pengelasan dan pencirian profil luluhawa syis kuarza mika yang dikembangkan bagi pemetaan profil luluhawa di km 67, Lebuhraya Timur-Barat ditunjukkan dalam Jadual 1. Pencirian ini digunakan untuk menghasilkan peta profil luluhawa yang ditunjuk pada Rajah 3. Bahagian bawah dan pertengahan cerun potongan terdiri daripada batuan segar iaitu gred I dengan sedikit gred II. Gred luluhawa III dan IV wujud di bahagian atas dan juga pada kedua-dua hujung singkapan tersebut. Gred V dan VI adalah secara relatif lebih nipis dan terletak di bahagian teratas cerun potongan dan sedikit sahaja di hujung singkapan.

Korelasi halaju sebenar gelombang P ( $V_p$ ) dengan gred luluhawa batuan perlu juga mengambilkira keamatan ketakselanjaran. Gred luluhawa VI berupa tanah, pasir dengan kandungan butiran lebih kasar atau halus yang berbeza dan adalah kering atau lembab sahaja. Nilai  $V_p$  adalah rendah iaitu berjulat antara 250 m/s sehingga 500

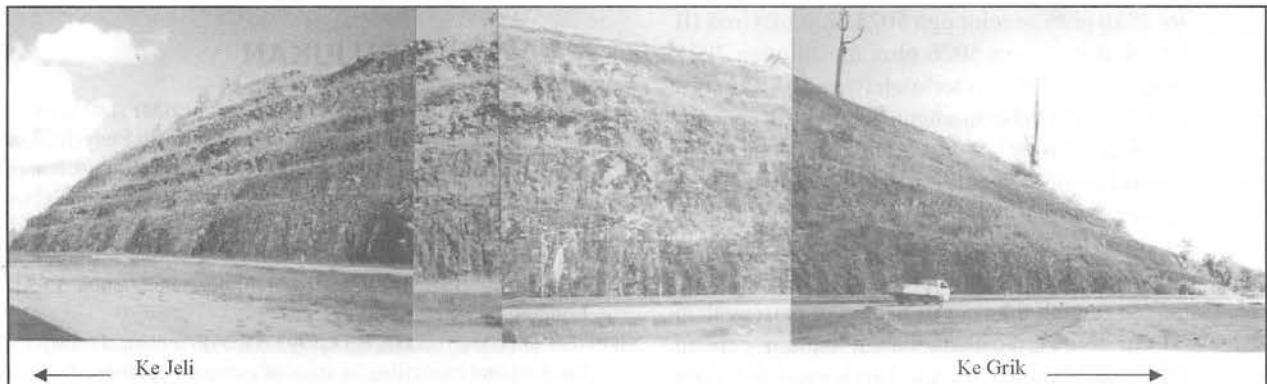
Jadual 1: Pengelasan dan pencirian profil luluhawa syis kuarza mika di km 67, Lebuhraya Timur-Barat, Semenanjung Malaysia.

Unit Jasad	Gred	Istilah	Penjelasan
Tanah	VI	Tanah baki	Keseluruhan bahan batuan terubah kepada tanah. Tanah pasir berkerikil (butiran kuarza) dan berlodak warna perang kemerahan. Tekstur batuan asal musnah.
	V	Terluluhawa lengkap	Keseluruhan bahan batuan terubah kepada tanah di mana tekstur syis masih kelihatan. Warna perang kemerahan dan perang. Wujud dalam serpihan dan bersifat peroi. Mudah dipecahkan dengan tangan.
	IV	Terluluhawa tinggi	Peringkat peralihan antara tanah dan batuan. Lebih 50% bahan bersifat tanah dan mudah dipecahkan dengan tangan. Tekstur dan struktur syis jelas kelihatan. Warna perang cerah dan wujud dalam bentuk bongkah. Tiada nilai bagi ujian beban titik.
Batuan	III	Terluluhawa sederhana	Lebih 50% bahan bersifat batuan dan tidak boleh dipecah dengan tangan. Warna berjalur putih kemerahan dan kelabu kemerahan. Tekstur dan struktur syis jelas. Nilai indeks beban titik $Is_{50}$ : 0.5 - 1.5 MPa.
	II	Terluluhawa sedikit	Bahan batuan mengkekalkan warna, struktur dan tekstur asal dengan perwarna merah sepanjang satah kesyisan dan kekar. Warna asal ialah putih dan kelabu. Nilai indeks beban titik $Is_{50}$ : 2.0 - 3.0 MPa.
	I	Batuan segar	Tiada tanda luluhawa pada bahan batuan, sedikit perwarna merah pada permukaan ketakselajaran utama (kekar). Nilai indeks beban titik $Is_{50}$ : 4.5 MPa $\pm$ 0.5 MPa. Kekuatan mampatan sepaksi 110 MPa $\pm$ 10 MPa.

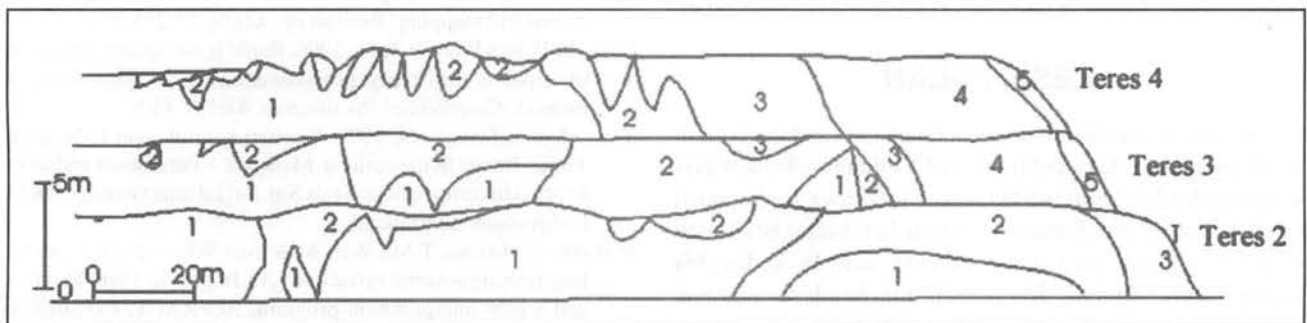
m/s dengan nilai purata sekitar 350 m/s. Nilai-nilai ini adalah tipikal untuk tanah. Bagi gred V dan IV, nilai Vp meningkat daripada nilai 500 m/s sehingga 1200 m/s. Oleh kerana sempadan yang dipetakan di permukaan singkapan tidak merupakan sempadan yang tajam, nilai Vp bagi kedua-dua gred dipertimbangkan sekali. Sempadan antara gred III dan IV yang merupakan sempadan tanah-batuan terluluhawa adalah lebih jelas dan juga dikesan dalam survei seismos biasan. Nilai purata halaju gelombang P, Vp bagi gred III ialah 2000 m/s dengan julatnya di antara 1200 m/s sehingga 2300 m/s.

Bagi gred II dan I keamatan ketakselajaran juga mempengaruhi nilai halaju gelombang seismos. Nilai maksimum Vp untuk gred I ialah 5300 m/s. Julat nilai adalah agak besar dan terdapat nilai serendah 3000 m/s yang masih boleh dikorelasikan dengan gred I kerana keamatan ketakselajaran yang tinggi. Keadaan bagi gred II adalah serupa dengan julat nilai antara 2300 m/s sehingga nilai maksimum 4000 m/s. Perlu juga diambilkira di sini bahawa zon yang dipetakan sebagai gred II di permukaan singkapan tidak semestinya berlanjutan ke dalam jasad batuan sebagai gred II.

Tiga lapisan yang jelas ditentukan dengan survei seismos biasan. Lapisan bersifat tanah, iaitu gred VI, V dan IV, dengan julat nilai Vp daripada 250 m/s sehingga 1200 m/s. Sempadan tanah-batuan dan lapisan di mana gred III adalah dominan dapat ditentukan sebagai satu lapisan

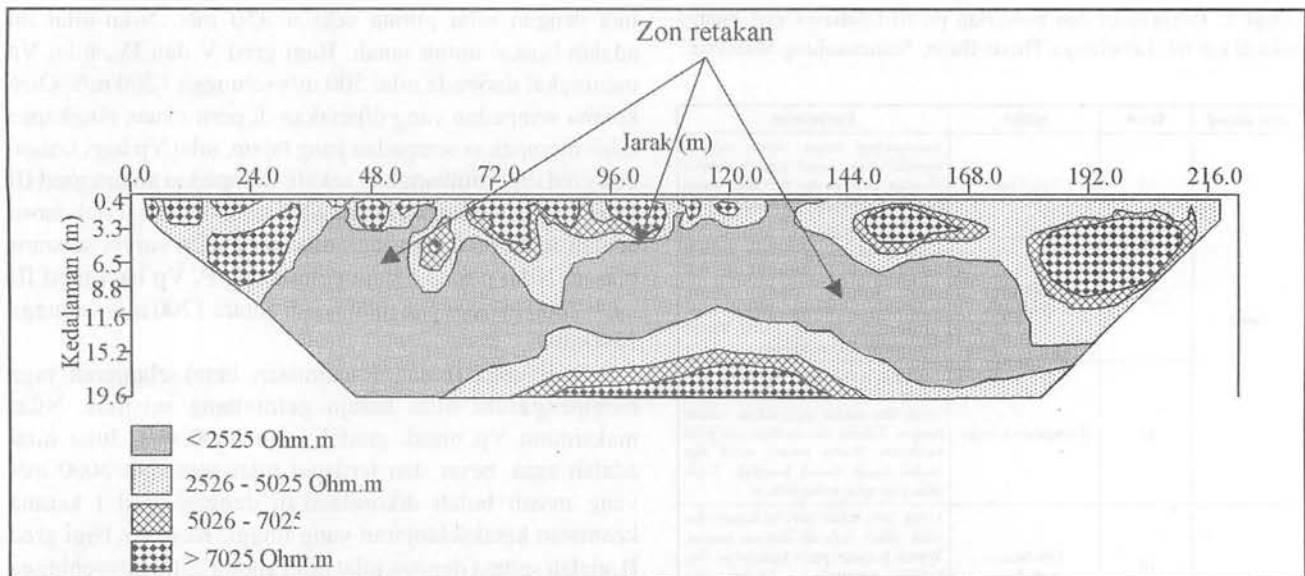


Rajah 2. Pandangan keseluruhan singkapan, km 67, lebuhraya Timur - Barat.



Rajah 3. Profil luluhawa untuk teres 2, 3 & 4.





Rajah 4. Imej keberintangan yang diukur di teres 4 dan profil luluhawa untuk teres 4, 3 & 2.

dengan nilai  $V_p$  di antara 1200 m/s sehingga 2300 m/s. Gred I dan II dipetakan sebagai satu lapisan dengan julat nilai  $V_p$  antara 2300 m/s sehingga 5300 m/s. Sempadan antara gred I dan II tidak dapat ditentukan sebagai satu antaramuka yang jelas.

Nilai keberintangan geoelektrik jasad batuan juga dapat dikorelasikan dengan gred luluhawa. Korelasi ini boleh dilihat sebagai satu korelasi yang kualitatif. Nilai keberintangan geoelektrik spesifik lapisan bernilai <2525 ohm.m ialah gred VI dan V. Gred IV dikorelasikan dengan nilai di antara 2526 ohm.m sehingga 5025 ohm.m. Gred III dicirikan oleh nilai di antara 5026 ohm.m sehingga 7025 ohm.m. Batuan yang segar dan terluluhawa sedikit (gred I dan II) mempunyai nilai keberintangan geoelektrik spesifik yang tinggi (>7026 ohm.m). Zon darjah peretakan tinggi dengan pengumpulan air di dalam zon-zon tersebut dicirikan oleh nilai keberintangan yang lebih rendah. Rajah 4 menunjukkan keratan pseudo keberintangan geoelektrik dan model songsangannya untuk teres 4 di mana satu zon berkeberintangan rendah dikesan di bahagian pertengahan keratan. Zon ini terdiri daripada bahan batuan dengan peretakan tinggi dan tanah dengan kandungan air yang tinggi. Aliran air juga dapat dicerap di permukaan singkapan di antara lapisan ini dan lapisan yang dibawahnya yang berupa bahan batuan dengan peretakan yang relatif rendah.

## KESIMPULAN

Kajian ini menunjukkan keberkesanan kaedah geofizik untuk pemetaan dan pencirian profil luluhawa batuan syis kuarza mika di lokaliti ini. Bagi gred luluhawa yang rendah (gred I dan II) perubahan keamatan ketakselajaran atau darjah peretakan juga dapat dikesan dengan kedua-dua kaedah yang diguna. Keputusan ini boleh menambah maklumat penyiasatan geologi kejuruteraan.

## PENGHARGAAN

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada semua pembantu penyelidik dan pelajar-pelajar tahun akhir Program Geologi, Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam, UKM yang membantu menjalankan kerja lapangan dan memproses data yang diperlukan untuk kajian ini. Terima kasih diucapkan kepada Kementerian Sains, teknologi & Alam sekitar yang telah meluluskan peruntukan melalui projek IRPA 02-02-02-0010.

## RUJUKAN

- ABDUL GHANI RAFEK, IBRAHIM KOMOO DAN KADDERI MD. DESA, 1991. Survei lapangan profil luluhawa granit. Prioriti Penyelidikan untuk Kemajuan Sains dan Teknologi. Zakri A. Hamid, Ismail Sahid & Mohd. Noor Embi (penyunting). Kumpulan Kertas Kerja 16. Universiti Kebangsaan Malaysia; 552-560.
- BROWN, E.T., (ed) 1981. *Rock characterization, testing and monitoring*. ISRM suggested methods. Pengamon Press, London, p. 5-52.
- GRIFFITHS, D.H. AND BARKER, R.D., 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 29:211-226.
- IAEG (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY), 1981. Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. *Bulletin of IAEG*, 24:235-274.
- LOKE, M.H. DAN BARKER, R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44:131-152.
- TAJUL ANUAR JAMALUDIN, 1990. Geologi kejuruteraan Lebuhraya Timur-Barat, Semenanjung Malaysia - Penekanan terhadap kegagalan cerun batuan. Tesis Sm. Sn, Jabatan Geologi, UKM Bangi (tidak diterbitkan).
- WALKER, C., LEUNG, T.M., WIN, M.A. DAN WHITELEY, R.J., 1991. Engineering seismic refraction: An Improved Field Practice and a new interpretation program, REFRACT. *Exploration Geophysics*, 22:423-428.