

Survei Potensi Air Tanah Dengan Menggunakan Kaedah Keberintangan Geoelektrik Di Projek Cadangan Pembangunan Tapak RAMSAR, Tasek Bera, Pahang Darul Makmur

Groundwater Survey Using Geoelectrical Resistivity Method At a Proposed Project RAMSAR Development Site, Tasek Bera, Pahang Darul Makmur

Lakam anak Mejus & Rahman Yaccup

Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia (MINT)
Bangi, 43000 Kajang, Selangor

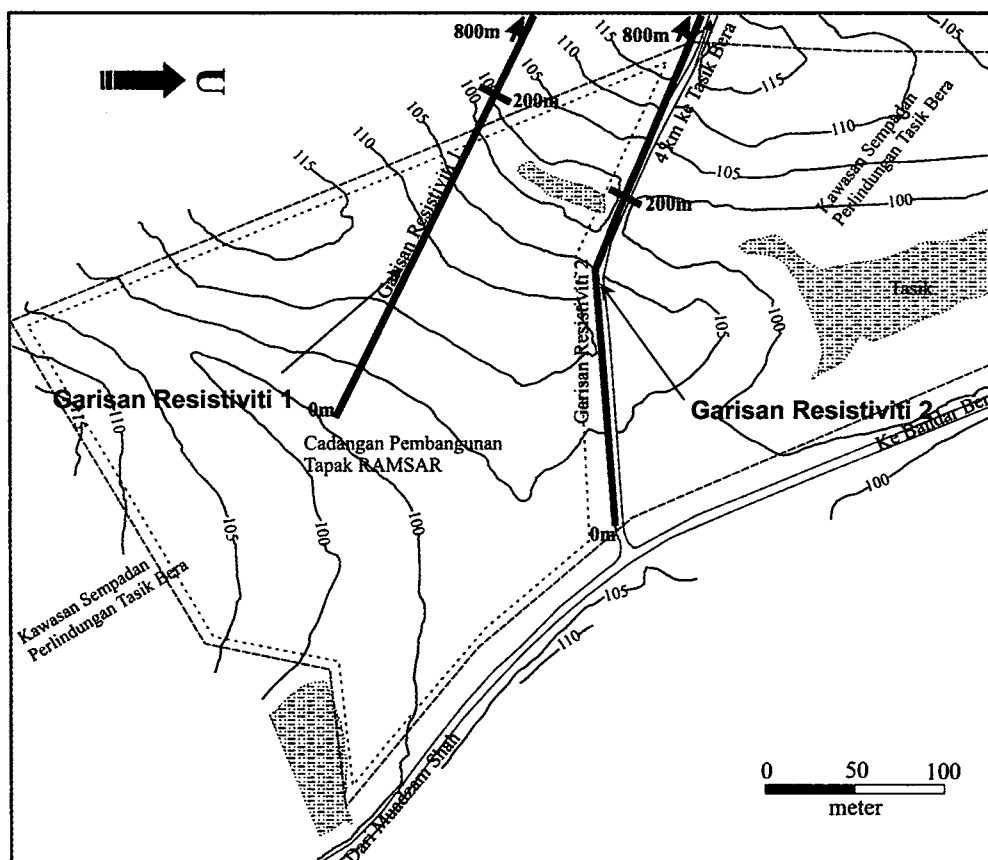
Abstrak: Penggunaan kaedah keberintangan geoelektrik bagi pengimejan keadaan subpermukaan dapat menentukan perbezaan sifat bahan-bahan berdasarkan nilai keberintangan. Kaedah ini sangat membantu dalam kajian eksplorasi air tanah dan menggambarkan keadaan geologi subpermukaan. Kajian telah dijalankan di kawasan hutan simpan yang dicadangkan sebagai projek pembangunan tapak RAMSAR. Hasil survei pengimejan keberintangan geoelektrik memberikan hasil yang amat memuaskan. Ia dapat memberikan maklumat yang diperlukan untuk menentukan kedudukan akuifer. Kajian ini telah mengesan beberapa lokasi kawasan berkeberintangan rendah yang kurang dari 150 Ohm-meter dipercayai merupakan zon retakan batuan (*fractured rock*) yang berpotensi sebagai akuifer. Walaupun terdapat beberapa kawasan yang berpotensi namun hanya kawasan yang berdekatan dengan Tapak RAMSAR yang dicadangkan untuk eksplorasi sumber air tanah. Kedalaman lapisan berpotensi berjalut dari 20 –100 meter dari permukaan dan memenuhi hampir separuh daripada panjang profil garisan survei resistiviti yang dibina. Kerja penggerudian harus dijalankan dan ujian pengepaman dilakukan untuk mengetahui potensi sebenar air tanah di kawasan berkenaan.

Abstract: The use of geoelectrical resistivity method to map subsurface conditions enables determination of different properties of subsurface material based on resistivity values. This method really helps in groundwater exploration work and subsurface geological mapping. A study has been carried out in a forest reserve proposed for RAMSAR project site. The output obtained from the geoelectrical resistivity imaging shows impressive and reliable results. It gives information needed for locating potential aquifer. In this study, several locations with low resistivity values of less than 150 Ohm-meter were identified and interpreted as zone of fractured rock with the potential as an aquifer. Although many potential locations are identified but only one location near the RAMSAR site was recommended for further detailed exploration. The depth of fractured zone ranges between 20–100 meter from the surface and covers almost half of area below the lines of traverse. It is suggested that drilling and pumping test be carried out to confirm the potential of groundwater in the area.

PENGENALAN

Projek Cadangan Pembangunan Tapak RAMSAR terletak lebih kurang empat kilometer ke Tasek Bera, Pahang. Ianya merupakan tapak pejabat dan kediaman pekerja Jabatan Perlindungan Hidupan Liar dan Taman Negara (PERHILITAN) dan memerlukan bekalan air bersih untuk kegunaan harian. Oleh kerana kedudukan tapak cadangan yang jauh daripada loji pemprosesan menyebabkan kos pemasangan paip air yang tinggi, maka bekalan air alternatif telah dicadangkan untuk kegunaan di kawasan berkenaan sebagai sumber bekalan. Kajian terperinci dilakukan bagi mengkaji potensi air tanah di kawasan berkenaan. Teknik geofizik dicadangkan sebagai satu kaedah tanpa musnah yang boleh digunakan untuk menjalankan kajian awal potensi air tanah sebelum kerja-kerja penggerudian dilakukan. Kaedah pengimejan keberintangan geoelektrik (*Geoelectrical Resistivity Imaging Technique*) telah dicadangkan dengan mengintegrasikan beberapa konfigurasi elektrod agar dapat memberikan hasil yang lebih konklusif dan menyeluruh.

Kawasan kajian terletak dalam Formasi Semantan dan ianya terdiri daripada jujukan syal, batu lodak dan juga batu pasir bertuf yang berselang lapis antara satu sama lain. Dalam jujukan selang lapis ini terdapat kekanta rijang, konglomerat dan juga batu kapur yang kebanyakannya telah terhablur semula. Unit batu pasir bertuf, apabila berselang lapis dengan syal dan juga lodak, biasanya ia mempunyai struktur bergred, kasar di bawah, dan makin halus di bahagian atas, dan berubah beransur-ansur kepada lodak dan syal di atasnya. Kadang-kadang ditemui struktur jujukan Bouma yang lengkap dan juga separa lengkap. Unit lodak dan juga syal biasanya berkarbon, dan mempunyai warna gelap, dan boleh mempunyai laminasi selari di dalamnya. Unit konglomerat biasanya terdiri daripada pebel yang bulat, dan matriknya batu pasir bertuf. Kandungan pebel kebanyakannya terdiri daripada pecahan batuan batu pasir yang juga bertuf, syal, lodak, telerang kuarza, dan kadang-kadang terdapat juga batu kapur.



Peta 1: Kawasan kajian dan kedudukan garisan survei pengimejan geoelektrik di lapangan (Sumber dari Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2005)

Formasi Semantan dipercayai berusia di antara Trias Tengah - Trias Akhir (240 - 210 juta tahun). Usia ini berpandukan kepada penemuan fosil *Doenella*, *Posidonia* dan ammonoid. (Kamal Roslan Mohamad, 2001).

KAEDAH KAJIAN

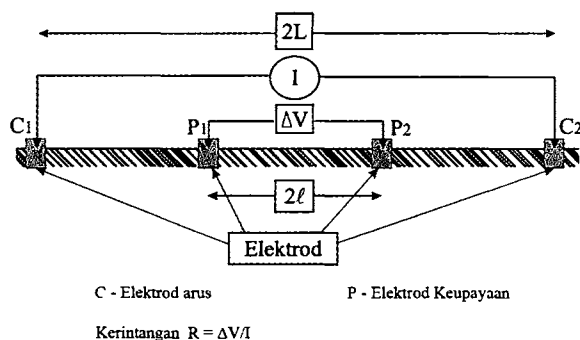
Kajian pengimejan keberintangan geoelektrik dilakukan untuk melihat perubahan keberintangan bahan dalam lapisan batuan atau tanah di kawasan yang dikaji secara 2 dimensi. Keberintangan tanah atau bahan boleh diukur dengan cara menjanakan arus elektrik (1-1000 mA) ke dalam bumi dan mengukur nilai paduan beza upaya (*resulting potential difference*) yang dihasilkan untuk memperoleh nilai keberintangan ketara (*apparent resistivity*). Dalam kajian ini, dua garisan survei telah dilakukan iaitu masing-masing sepanjang 800 meter. Garisan Resistiviti 1 terletak di dalam hutan 90 meter ke barat daya jalan menuju ke Tasik Bera dan Garisan Resistiviti 2 di sepanjang jalan raya bermula daripada pintu gerbang jalan masuk menghala ke arah Tasik Bera (Peta 1). Garisan Resistiviti 1 menggunakan konfigurasi elektrod Scumberger dan "Dipole-Dipole". Profil resistiviti ditunjukkan dalam Bera01 dan Bera02. Sementara itu Garisan Resistiviti 2 yang selari dengan jalan raya, konfigurasi Scumberger, "Dipole-Dipole" dan Wenner telah digunakan dan profil resistivitinya diwakili oleh Bera03, Bera04 dan Bera05.

Mengikut konfigurasi Scumberger, dua elektrod arus dan dua elektrod keupayaan digunakan bagi memperoleh nilai keberintangan tanah (media). Satu elektrod arus akan menyuntik arus elektrik dari alat Terrameter SAS4000 ke dalam bumi dan satu lagi akan menerimanya kembali, dan menghantar semula kepada alat Terrameter SAS4000 bagi menjadi satu kitaran arus yang lengkap. Nilai beza keupayaan pula akan diukur dengan dua batang elektrod keupayaan (P_1, P_2) yang dicucuk di antara dua batang elektrod arus (C_1, C_2). Jarak di antara P_1 dan P_2 ($2l$) lebih kecil berbanding dengan C_1 dan C_2 ($2L$) dalam Rajah 1. Dalam survei ini, kedalaman profil 2D yang dihasilkan menggunakan konfigurasi elektrod ini ialah 167 meter dari permukaan dengan jumlah 748 titik data (*data point*).

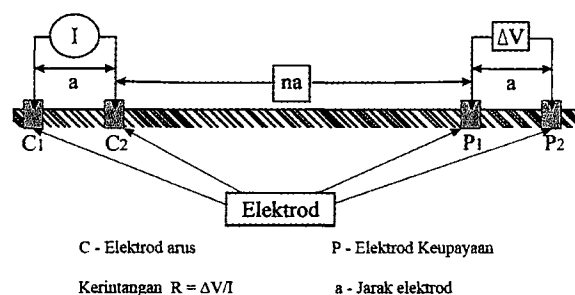
Sementara itu, dalam konfigurasi "Dipole-Dipole", elektrod keupayaan disusun di luar elektrod arus tetapi jarak elektrod C_1 dan C_2 sama dengan jarak P_1 dan P_2 . Nilai ini biasanya dikenali sebagai 'a'. Pasangan elektrod arus ini dipisahkan oleh jarak tertentu yang mana jarak ini dalam gandaan 'a' (Rajah 2). Kedalaman data yang diperolehi ditentukan oleh jarak di antara pasangan elektrod (na). Nilai 'n' merujuk kepada jumlah lapisan data yang diperolehi. Semakin besar nilai 'n' maka semakin dalam data yang diperolehi. Jumlah keseluruhan data dalam konfigurasi elektrod Dipole-Dipole ini ialah 768 dan kedalaman profil 2D yang dihasilkan sekitar 104 meter dari permukaan.

Dalam konfigurasi elektrod Wenner, pasangan elektrod keupayaan diletakkan di antara dua elektrod arus di mana jarak di antara empat batang elektrod tersebut adalah sama (Rajah 3). Bagi memperoleh data yang lebih dalam, sela elektrod yang lebih besar digunakan. Ke

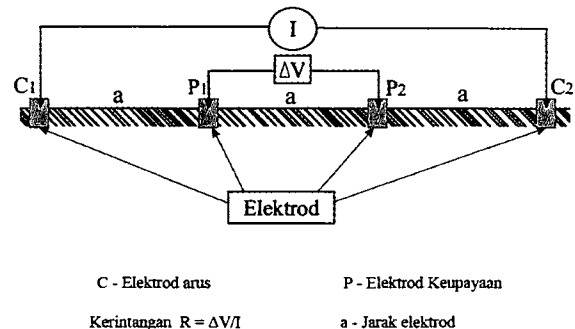
Survei Potensi Air Tanah Dengan Menggunakan Kaedah Keberintangan Geoelektrik Di Projek Cadangan Pembangunan Tapak RAMSAR, Tasek Bera, Pahang Darul Makmur



Rajah 1: Konfigurasi elektrod Schlumberger semasa survei pengimejan keberintangan geoelektrik di lapangan



Rajah 2: Konfigurasi elektrod Dipole-Dipole semasa survei pengimejan keberintangan geoelektrik di lapangan



Rajah 3: Konfigurasi elektrod Wenner semasa survei pengimejan keberintangan geoelektrik di lapangan

Jadual 1: Nilai keberintangan dan keberkonduksian beberapa batuan terpilih, tanah dan air (ubahsuai dari Keller & Frishcknecht, 1966 dan Daniels & Alberty, 1966)

Bahan	Resistiviti (Ohm-m)	Keberkonduksian (Ohm-m) ⁻¹
Batuan Igneus dan Metamorfik		
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2.0 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Syis	50 - 10000	$2 \times 10^{-2} - 10^{-4}$
Marmar	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4.0 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Kuarzit	$10^2 - 2.0 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Hornfel	$8 \times 10^3 - 6.0 \times 10^7$	$1.7 \times 10^{-8} - 1.3 \times 10^{-4}$
Batuan Sedimen		
Batu pasir	$8 - 4.0 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Syal	$20 - 2.0 \times 10^3$	$5.0 \times 10^{-4} - 0.05$
Batu kapur	$50 - 4.0 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Tanah dan air		
Lumpur	1-100	1-0.01
Aluvium	10-800	$1.25 \times 10^{-3} - 1.7 \times 10^{-3}$
Air tawar	10-100	0.01-0.1
Air laut	0.15	6.7

dalam maksimum data yang diperolehi menggunakan konfigurasi elektrod Wenner ialah sekitar 135 meter.

Dalam survei ketiga-tiga konfigurasi elektrod yang dinyatakan di atas, sebanyak 61 batang elektrod telah digunakan. Ianya disambungkan dengan alat Terrameter SAS4000 dengan menggunakan kabel lapangan (field cabel). Terrameter SAS4000 pula dihubungkan dengan sistem pemilih elektrod LUND (LUND electrode selector system ES464) yang mana setiap kalinya akan memilih empat batang elektrod (sepasang elektrod arus dan sepasang elektrod keupayaan) untuk mengukur keberintangan bahan. Setiap garisan survei mengandungi beberapa set data bergantung kepada konfigurasi elektrod yang digunakan. Data yang diperolehi ini merupakan pseudo data dan perlu dikira semula bagi memperolehi nilai sebenar dengan menggunakan perisian Res2Dinv (Loke & Barker, 1996).

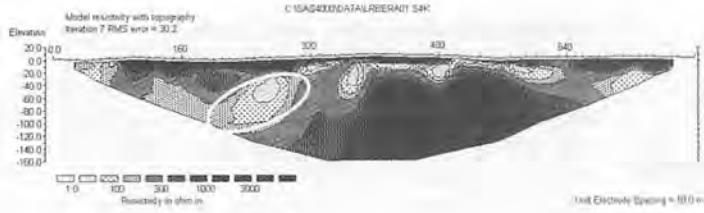
Secara amnya nilai keberintangan bahan berbeza bergantung kepada sifat fizik dan kimia bahan yang hendak dikaji. Sebagai contoh, batuan pejal (solid rock) akan memberi keberintangan yang tinggi berbanding dengan batuan lembut (tanah/tanah) atau batuan yang telah retak. Kehadiran air dalam bahan menyebabkan nilai keberintangan turun bergantung kepada jenis air sama ada air tawar, masin atau payau (brackish). Kajian yang dilakukan ini jauh dari pengaruh air masin atau payau dan ia memudahkan analisa dilakukan dengan hanya melihat zon yang mempunyai keberintangan yang rendah sahaja. Nilai keberintangan yang rendah menggambarkan kehadiran batuan retak di kawasan berkenaan yang mana berpotensi sebagai penyimpan air tanah. Nilai keberintangan dan kekonduksian beberapa bahan terpilih ditunjukkan dalam jadual 1 (Keller & Frishcknecht, 1966 dan Daniels & Alberty, 1966). Berdasarkan kajian-kajian terdahulu (Bashillah et.al., 2001, Rahman Yacup et.al., 2003 dan Rahman & Lakam, 2005) dan maklumat dalam jadual 1, nilai keberintangan kurang dari 150 Ohm-meter dipercayai disebabkan oleh kehadiran zon retakan batuan yang berpotensi mengandungi air tanah.

HASIL DAN PERBINCANGAN

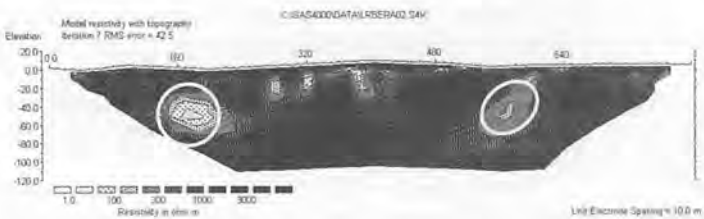
Hasil yang diperolehi dapat dibincangkan dalam dua situasi yang berbeza dengan membahagikan kawasan kajian berdasarkan kedudukan garisan survei resistiviti. Garisan Resistiviti 1 diwakili oleh profil Bera01 dan Bera02 dan Garisan Resistiviti 2 diwakili oleh profil Bera03, Bera04 dan Bera05. Pembahagian ini dilakukan bagi menganalisa keseragaman hasil kajian berdasarkan konfigurasi elektrod yang digunakan dan melihat perkaitan di antara Garisan Resistiviti 1 dan Garisan Resistiviti 2.

Garisan Resistiviti 1

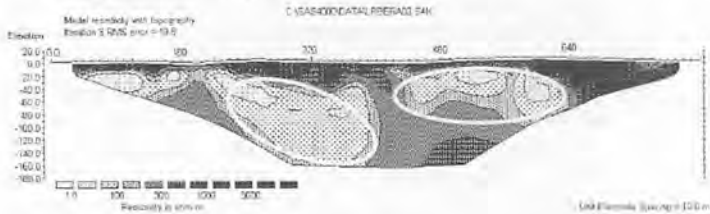
Garisan ini mengandungi dua profil resistiviti berlainan konfigurasi elektrod iaitu Bera01 dengan konfigurasi Schlumberger dan Bera02 dengan konfigurasi Dipole-Dipole.



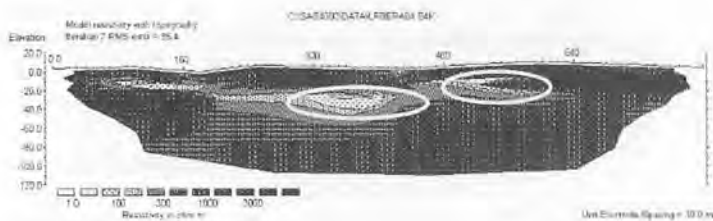
Rajah 4: Imej 2D model keberintangan geoelektrik untuk garisan Bera01 dengan konfigurasi elektrod Schlumberger



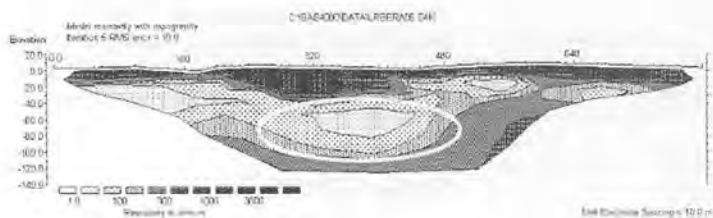
Rajah 5: Imej 2D model keberintangan geoelektrik untuk garisan Bera02 dengan konfigurasi elektrod Dipole-Dipole



Rajah 6: Imej 2D model keberintangan geoelektrik untuk garisan Bera03 dengan konfigurasi Schlumberger



Rajah 7: Imej 2D model keberintangan elektrik untuk garisan Bera04 dengan konfigurasi elektrod Dipole-Dipole



Rajah 8: Imej 2D model keberintangan geoelektrik untuk garisan Bera05 dengan konfigurasi elektrod Wenner

Hasil yang diperolehi dalam profil Bera01 menunjukkan terdapatnya zon keberintangan rendah (<150 Ohm-meter) yang terletak pada kedudukan 200–300 meter dengan kedalaman 30–90 meter dari permukaan (Rajah 4). Zon ini dipercayai wujud kerana terdapatnya retakan batuan dan ia berpotensi sebagai akuifer air tanah di kawasan berkenaan

Sementara itu dalam profil Bera02, didapati zon berkeberintangan rendah masih dikesan namun taburannya lebih kecil berbanding dengan Bera01. Kawasan berkeberintangan rendah tertumpu pada kedudukan 150–260 meter dengan kedalaman 30–70 meter dari permukaan (Rajah 5). Terdapat pertindihan kedudukan zon keberintangan rendah untuk kedua-dua profil yang boleh menambah keyakinan bahawa terdapatnya zon retakan yang berpotensi sebagai akuifer.

Garisan Resistiviti 2

Garisan ini mengandungi profil Bera03 (Schlumberger), Bera04 (Dipole-Dipole) dan Bera05 (Wenner). Zon berkeberintangan rendah dapat dilihat dalam profil Bera03 (Rajah 6) iaitu pada kedudukan 20–160 meter (kedalaman 25–60 meter), 200–400 meter (kedalaman 30–150 meter) dan 450–650 meter (kedalaman 25–80 meter).

Dalam profil Bera04 (Rajah 7) pula, taburan zon berkeberintangan rendah terhad pada kedudukan 70–150 meter (kedalaman 15–25 meter), 280–400 meter (kedalaman 30–50 meter) dan 460–600 meter (kedalaman 20–35 meter). Walaupun terdapat pertindihan zon berkeberintangan rendah dalam kedua-dua profil di atas, kawasan yang paling berpotensi dieksplorasi ialah zon rendah bahagian tengah kerana ianya lebih dalam dan taburannya lebih luas. Kehadiran dua zon berkeberintangan rendah yang lain tidak sesuai kerana kemungkinan ia dipengaruhi oleh air dari permukaan.

Sementara itu bagi profil Bera05 (Rajah 8), zon berkeberintangan rendah didapati meluas sehingga ia membentuk satu lapisan zon berkeberintangan rendah yang panjang. Kedudukan zon ini selaras dengan tiga zon yang dinyatakan dalam Bera03 dan Bera04. Namun ia tidak memberi impak yang jelas kerana jumlah data yang diperolehi menggunakan profil konfigurasi Wenner ini tidak banyak dan berkemungkinan data yang diproses tidak menggambarkan situasi yang sebenar. Tetapi secara keseluruhannya ketiga-tiga profil memberi hasil yang hampir sama.

Berdasarkan Peta 1, kedudukan kedua-dua garisan survei tidak selari antara satu

sama lain dan terdapat anjakan lebih kurang 50 meter di antara dua garisan tersebut. Oleh itu kehadiran zon berkeberintangan rendah dalam profil Bera01 dan profil Bera02 boleh dikorelasikan dengan zon berkeberintangan rendah di tengah-tengah profil Bera03 dan Bera04. Ini menunjukkan terdapatnya kesinambungan zon berkeberintangan rendah dalam kedua-dua garisan survei.

Zon berkeberintangan rendah yang lainnya turut menunjukkan perkaitan yang sama tetapi disebabkan kewujudannya cetek maka ia tidak dipertimbangkan dalam kajian ini.

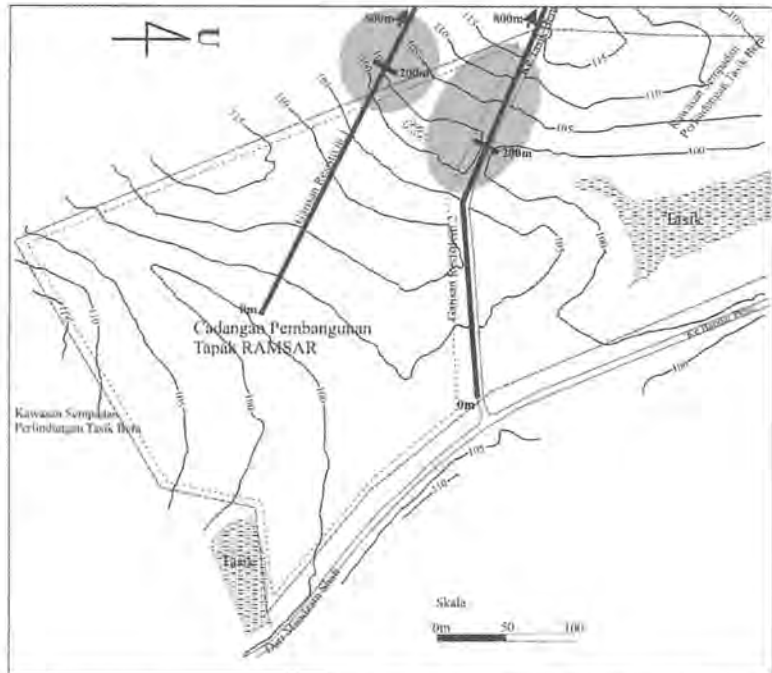
KESIMPULAN

Secara amnya kajian ini telah berjaya memetakan kedudukan kawasan zon berkeberintangan rendah di bawah permukaan bumi. Zon keberintangan rendah ini hadir kerana terdapatnya zon retakan dan berdasarkan nilai keberintangan kurang dari 150 Ohm-meter yang dipercayai berpotensi sebagai zon yang mengandungi air tanah.

Berdasarkan nilai keberintangan, kedudukan yang dekat dengan tapak RAMSAR dan elavasi yang rendah, kawasan yang paling berpotensi untuk dieksplorasi air tanahnya terletak dalam Garisan Resistiviti 1 iaitu pada kedudukan 200–250 meter dari nilai 0 meter iaitu pada julat keda-laman 30–90 meter dari permukaan. Ianya terletak pada kedudukan topografi paling rendah di garisan berkenaan (Peta 2).

RUJUKAN

- Bashillah Baharuddin, Abdul Rahim Samsudin, Abdul Ghani Rafek dan Mohd Tazza Abdul Rahman, 2001. Kaedah keberintangan geoelektrik dalam pemetaan intrusi air masin di Kerpan, Kedah. *Proceedings Annual Geological Conference 2001, Perak*, 191-195.
- Daniels F. and Alberty R.A., 1966. *Physical Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc.
- Kamal Roslan Mohamad, 2001. Formasi Semantan [Online]. Universiti Kebangsaan Malaysia.



Peta 2: Lingkungan kawasan yang sesuai untuk eksplorasi (Ubahsuai dari Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2005)

- <http://pkukmweb.ukm.my/~kamal/geologi-malaysia/semantan.htm>. [Accessed 20 Oktober 2005].
- Keller, G.V. and Frischknecht, F.C., 1966. *Electrical methods in geophysicals prospecting*. Oxford, Pergamon Press Inc.
- Loke, M.H and Barker, R.D., 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosection by quasi-newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 131 – 152.
- Rahman Yaccup et.al., 2003. Kaedah keberintangan geoelektrik profil dalam untuk kajian air tanah di lembangan Kuala Langat, Banting, Selangor. *Bulletin Geol. Soc. Malaysia*, 46: 405-408.
- Rahman Yaccup dan Lakam Mejus, 2005. Laporan kajian pengimejan keberintangan geoelektrik bagi menentukan potensi air tanah di projek cadangan pembangunan RAMSAR, Tasek Bera, Pahang. *Laporan kepada Jabatan Kerja Raya Malaysia*, MINT/L/2005/33(S).

Manuscript received 21 February 2006