

## Pengukuran kemasinan air tanah di dataran pantai Pekan-Nenasi, Pahang dengan teknik geoelektrik dan geokimia

UMAR HAMZAH<sup>1</sup>, ABDUL RAHIM SAMSUDIN<sup>1</sup>, ISMAIL C. MOHAMAD<sup>2</sup>,  
NORHAFIZI KHALID<sup>1</sup> DAN SHAHIMI SALI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Geologi, Pusat Pengajian Sekitaran & Sumber Alam  
Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

<sup>2</sup>Jabatan Mineral dan Geosains Negeri Sembilan

**Abstrak:** Masalah kejatuhan paras air tanah dan peningkatan jumlah kemasinan dalam air tawar yang terdapat dalam aluvium di sekitar Pekan-Nenasi, Pahang telah dikesan melalui kerja-kerja pemantauan air bawah tanah. Sebahagian daripada input pemantauan termasuk data survei geofizik yang digunakan serentak dengan data hidrogeologi kawasan kajian. Survei geofizik yang digunakan dalam kajian pemantauan ini ialah teknik geoelektrik termasuk duga dalam dan pengimejan khususnya untuk menganggarkan sempadan zon-zon air tawar-payau-masin dalam enapan aluvium. Hasil survei yang dilakukan menunjukkan zon-zon konduktif yang mewakili kawasan pengaruh air masin-payau lebih tertumpu berhampiran dengan tepi pantai di sekitar 1-5 kilometer. Keputusan awal menunjukkan pencapaian yang diperolehi dari survei geoelektrik hanya terbatas pada kedalaman tidak melebihi 20-30 meter. Oleh itu kemasinan bahan yang terdapat di bahagian yang lebih dalam tidak dapat diselidiki dengan survei geoelektrik.

**Abstract:** The lowering of groundwater levels and an increasing in salt content in the freshwater alluvial aquifer were detected during continuous monitoring works of the groundwater in Pekan-Nenasi coastal areas. Geophysical data are used in conjunction with the hydrogeological data for the monitoring processes. Geophysical surveys used in this monitoring study were both vertical electrical sounding and electrical imaging. They are specially employed in order to estimate boundaries of fresh-brackish-salt water in the alluvial aquifer. Results of the surveys show that areas influenced by salt-brackish water or the conductive zones are concentrated in areas around 1-5 kilometres from the beach. Preliminary results show that maximum depth of investigation through geoelectrical surveys are only between 20-30 metres. Therefore water salinity at depth greater than 30 metres could not be investigated by these surveys.

### PENDAHULUAN

Ismail *et al.* (2001) yang melakukan analisis kimia air dan survei geofizik sebagai sebahagian daripada kajian hidrogeologi telah mendapati bahawa berlaku peningkatan yang agak besar terhadap kandungan klorida dan kekonduksian serentak dengan penurunan paras air tanah pada beberapa telaga pengawasan dan telaga pengeluaran di sekitar Nenasi, Pekan, Pahang. Maklumat daripada telaga pengeluaran Nenasi menunjukkan peningkatan klorida sebanyak hampir 200% iaitu dari 48 ppm kepada 118 ppm. Manakala klorida di telaga Tanjung Batu telah mencapai sehingga 290 ppm iaitu melebihi 30 ppm daripada had minimum klorida yang ditetapkan oleh WHO iaitu 250 ppm. Nilai kekonduksian yang dicatatkan sejak tahun 1991 hingga 2001 telah meningkat daripada 400 hingga 675 mikrosiemen/cm. Manakala paras air tanah pula telah menurun sebanyak 14 meter sejak 1990 sehingga 2001. Senario ini berasosiasi dengan pembangunan sumber air tanah secara tidak terkawal daripada akuifer aluvium pantai khususnya untuk menampung industri akuakultur dan juga sumber bekalan air awam berikutan dengan pertambahan penggunaan secara domestik. Bagi melengkapkan maklumat hidrogeologi dalam kajian akuifer aluvium pantai terutama dalam pencirian kemasinan, survei geofizik teknik keberintangan geoelektrik telah dilakukan di beberapa

bahagian daripada kawasan kajian. Penggunaan teknik survei yang sama telah digunakan oleh Flathe (1976), Urish & Frohlich (1990), Abdul Rahim Samsudin *et al.* (1997) dan Siti Zalipah Jumary *et al.* (2002) dalam kajian mereka semasa mencirikan akuifer aluvium di kawasan pantai. Teknik keberintangan geoelektrik ini digunakan kerana keupayaan untuk mengesan perubahan dalam kemasinan air liang yang terdapat dalam akuifer dan lantaran itu dapat digunakan untuk menentukan sempadan air tawar-air masin. Kertas kerja ini membincangkan pencirian lengkung keberintangan geoelektrik oleh perbezaan jenis air dalam akuifer aluvium pantai. Data tersebut digunakan untuk melihat perubahan kemasinan akuifer daripada garis pantai hingga kebahagian pendalaman secara menegak. Nilai kemasinan akuifer berdasarkan keberintangan juga akan ditentukan dan diperbandingkan dengan kemasinan akuifer berdasarkan kajian hidrokimia. Ciri lengkung keberintangan dan pengimejan geoelektrik akan dikaitkan dengan model hidrogeologi yang dipermudahkan iaitu akuifer yang berada dalam perlapisan homogen.

Komponen utama sesuatu sistem air bawah tanah di kawasan pantai dimulai dengan bahagian atas yang terdiri daripada zon tidak tepu, diikuti dengan lapisan air tawar, zon peralihan dan lapisan air masin yang dibatasi oleh batuan dasar (Urish & Frohlich, 1990). Geologi am kawasan kajian yang terdiri daripada enapan aluvium Kuaterner

bertopografi rendah mengandungi pasir, kelikir, lempung dan lodak. Ketebalan anggaran melalui kajian penggerudian dan seismik yang dilakukan di kawasan Pekan ialah disekitar 200 meter (Umar Hamzah, 2001) manakala di kawasan Nenasi ketebalannya adalah lebih cetek. Berdasarkan maklumat hidrogeologi, akuifer aluvium di kawasan ini terbahagi kepada akuifer cetek tidak terkekang (unconfined) yang terletak pada kedalaman 10-15 meter dan akuifer terkekang (confined) pada kedalaman melebihi 20 meter (Ismail *et al.*, 2001). Akuifer cetek biasa terletak di dalam permatang pasir manakala akuifer dalam pula terdiri daripada pasir bersaiz sederhana hingga kasar dan kadangkala berpebel yang ditindih oleh lempung samudera.

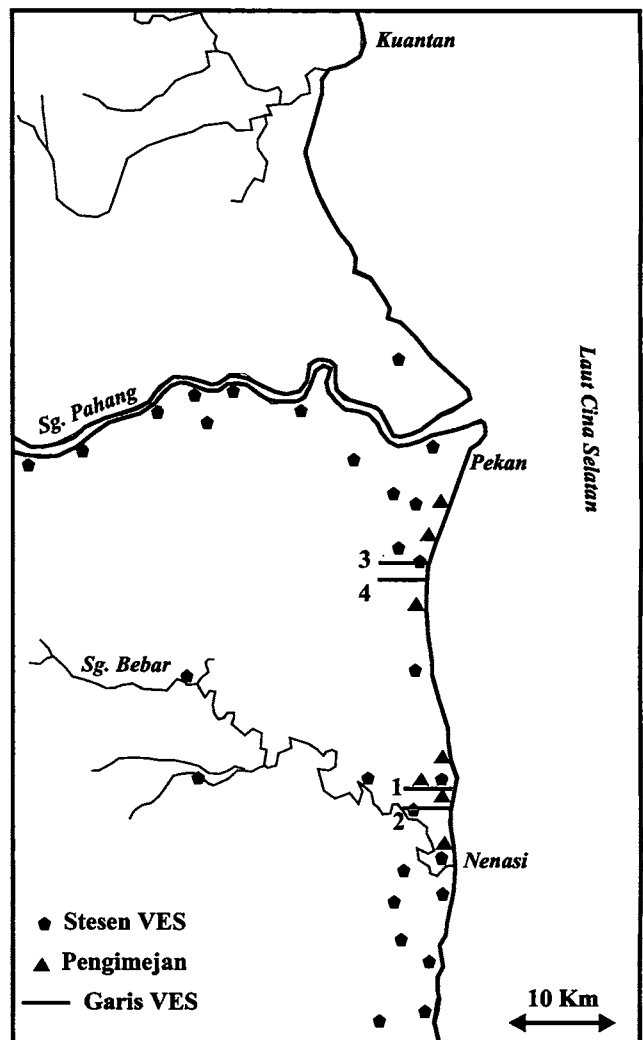
## METODOLOGI

Kerja-kerja persampelan dan pengukuran paras air tanah dalam telaga eksplorasi dan analisis kimia air tanah telah dilakukan oleh Ismail *et al.* (2001). Data tersebut diplot untuk melihat variasi dalam jangka masa tertentu serta diplot pada rajah trilinear Piper untuk analisis fasies air tanah. Kajian geofizik permukaan sebagai data asas hidrogeologi telah menggunakan teknik keberintangan geoelektrik seperti duga dalam menegak (vertical electrical sounding), dan pengimejan geoelektrik (geoelectrical imaging). Konsep, teknik pengukuran lapangan dan pemprosesan data secara lengkap dapat dilihat dalam Flathe (1990) dan Loke & Barker (1995). Pada asasnya teknik VES yang digunakan di Nenasi adalah menurut susunatur Schlumberger. Arus dialirkan melalui dua elektrod arus dan keupayaan diukur melalui dua elektrod yang lain yang berada pada satu garisan. Panjang maksimum elektrod arus ialah 300 meter dan jumlah stesen kajian termasuk kajian yang telah dijalankan oleh pihak Jabatan Mineral dan Geosains ialah 50. Data mentah di masukkan dalam komputer dan di proses secara inversi untuk menghasilkan model geologi dan keberintangan peralihan dengan perisian RESIX. Manakala survei pengimejan geoelektrik dilakukan dengan menggunakan sistem multielektrod. 50 elektrod diatur sepanjang satu garis lurus pada jarak yang sama dan disambungkan dengan meter kerintangan melalui kabel multiteras. Pemilihan elektrod yang aktif semasa pengukuran dilakukan secara automatik oleh komputer menurut susunatur Wenner. Data diproses secara langsung di lapangan dengan perisian Res2dinv yang juga menghasilkan model taburan keberintangan secara inversi. Keratan pseudo 2-D perubahan keberintangan dapat ditafsir secara langsung.

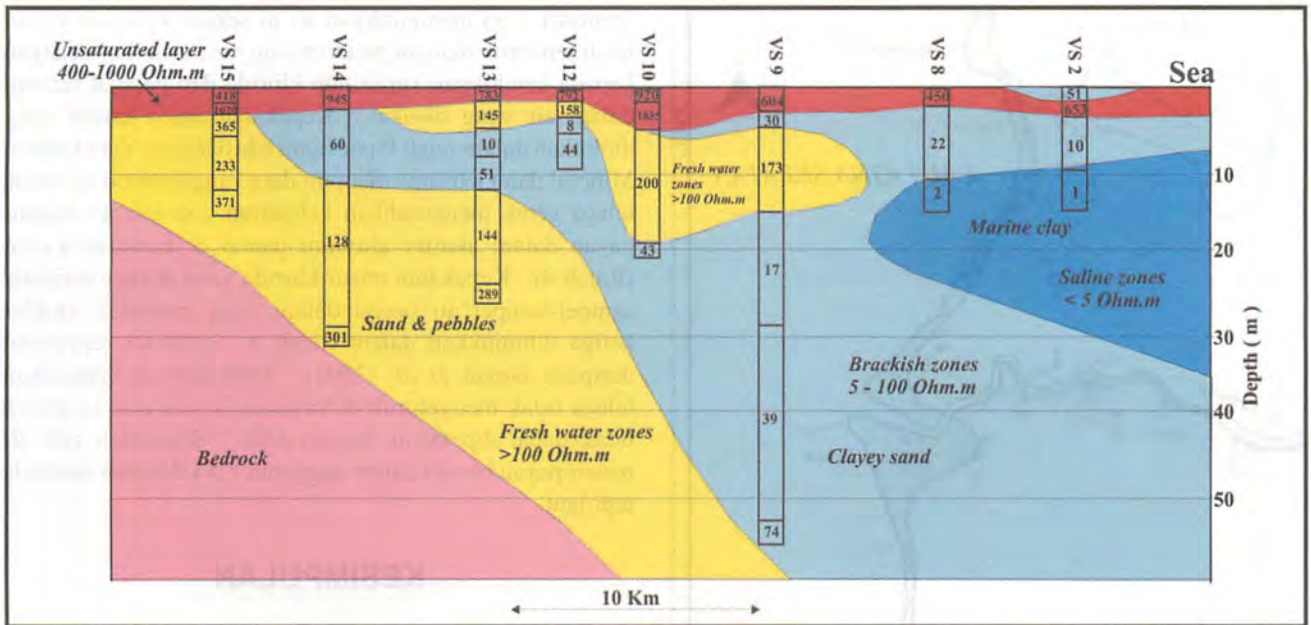
## HASIL DAN PERBINCANGAN

Sejumlah 50 stesen VES termasuk yang telah dijalankan oleh Jabatan Mineral dan Geosains telah dilakukan di bahagian dataran pantai di Pekan-Nenasi dimana sebahagian daripada stesen-stesen tersebut terletak pada arah utara-selatan iaitu selari dengan pantai manakala sebahagian lagi diletakkan pada arah timur-barat iaitu pada keadaan

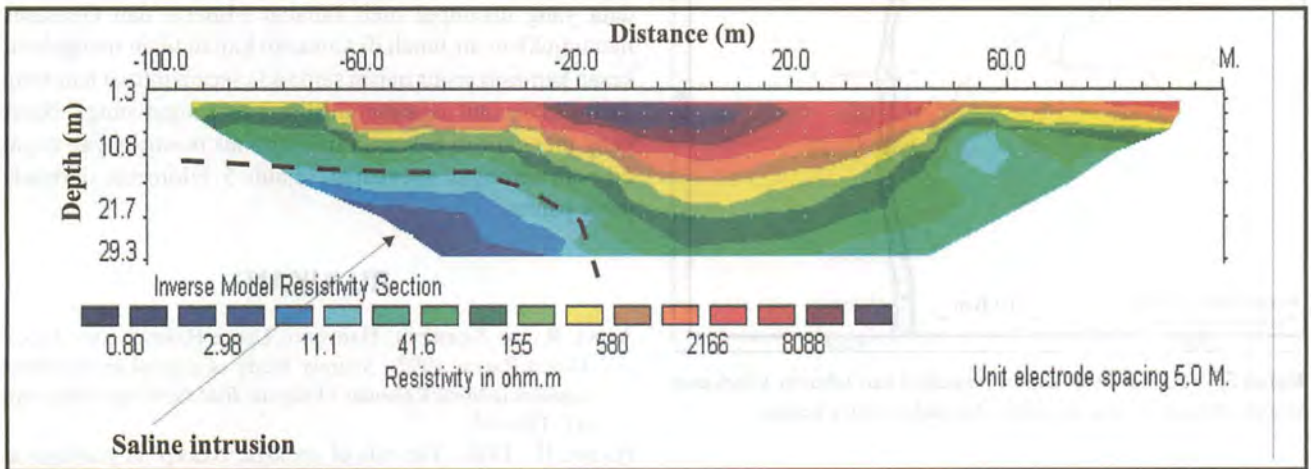
menegak dengan pantai laut. Rajah 1 menunjukkan sebahagian daripada lokasi stesen VES dan juga survei pengimejan 2-D. Hasil analisis lengkung VES menunjukkan kedalaman struktur bawah tanah yang dapat diukur ialah di sekitar 50 meter dan julat nilai keberintangan pula adalah disekitar 1 hingga 3,000 ohm-m. Julat yang sangat besar ini boleh dikategorikan sebagai mewakili zon-zon air masin hingga tawar termasuk batuan dasar. Pembahagian kepada zon-zon air masin-tawar dibuat berdasarkan Urish & Frohlich (1990) iaitu zon air masin mempunyai keberintangan kurang daripada 5 ohm-m manakala zon air tawar bernilai melebihi 100 ohm-m. Zon air payau terletak diantara 5 hingga 100 ohm-m. Nilai keberintangan diantara 400-3,000 ohm-m yang terletak di bahagian permukaan ditafsirkan sebagai lapisan tidak tepu dan kering yang dibentuk oleh pasir. Nilai keberintangan yang sama yang terletak di kedalaman 30-50 meter ditafsirkan sebagai batuan dasar yang dibuktikan oleh data lubang gerudi. Rajah 2 menunjukkan contoh keratan rentas subpermukaan yang diperolehi hasil daripada data VES di sepanjang beberapa kilometer pada arah menegak dengan pantai atau pada arah timur-barat. Daripada rajah tersebut didapati lapisan paling



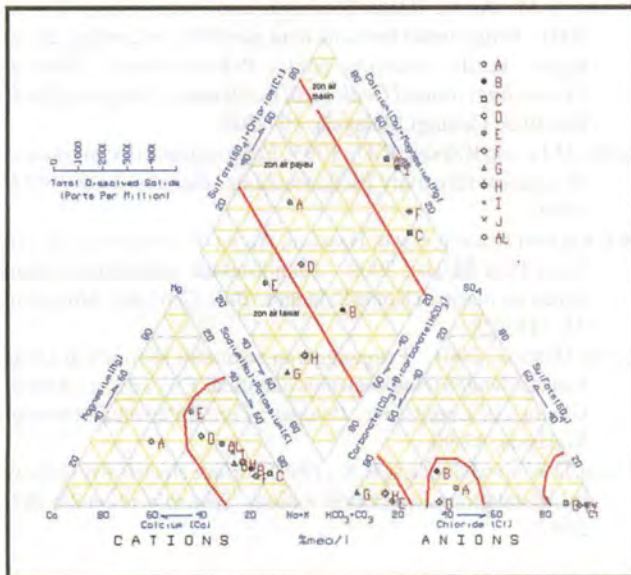
Rajah 1. Lokasi stesen VES dan pengimejan geoelektrik.



Rajah 2. Keratan rentas keberintangan tegak dengan pantai di Nenasi.

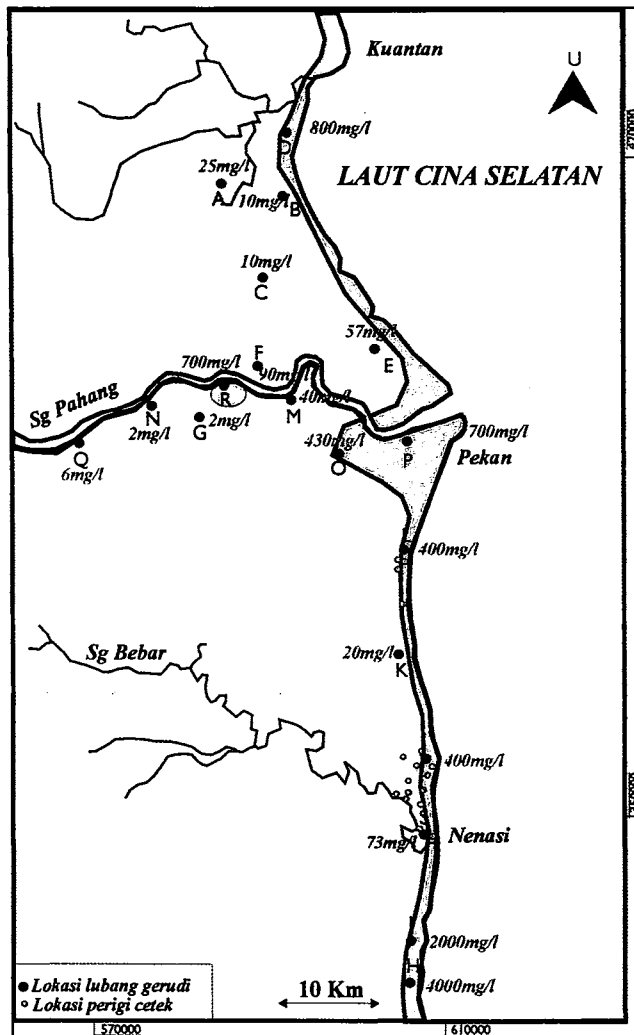


Rajah 3. Satu contoh imej keberintangan 2-D yang diperolehi dari satu survei di Nenasi.



Rajah 4. Plot Piper kepekatan anion-kation sampel air perigi.

atas mempunyai julat nilai keberintangan yang tinggi iaitu bernilai 400-3,000 Ohm.meter. Lapisan ini mewakili lapisan tidak tepu dan kering yang terdiri daripada pasir pantai. Di sekitar lokaliti VS2 nilai keberintangan adalah rendah dan mewakili zon payau yang ditafsirkan kesan daripada kemasukan air masin melalui sungai Pahang yang berhampiran dengan stesen kajian tersebut. Rajah 2 juga menunjukkan kehadiran lapisan berkeberintangan payau terletak di bahagian bawah lapisan tidak tepu di sepanjang garis survei daripada tepi pantai hingga stesen VS15. Fenomena ini ditafsirkan sebagai hasil daripada infiltrasi air payau melalui sungai Pahang yang terletak selari dan berhampiran dengan stesen-stesen kajian keberintangan. Rajah 2 juga menunjukkan kehadiran satu zon air masin berbentuk baji pada kedalaman 10-30 meter terletak di bawah stesen VS2-VS8 berhampiran dengan tepi pantai. Kehadiran zon berkeberintangan rendah kurang daripada 5 Ohm.meter ini ditafsirkan sebagai zon air masin mengikut Urisch dan Frohlich (1990). Oleh itu zon ini ditafsirkan



Rajah 5. Peta kawasan kajian menunjukkan taburan kepekatan klorida dan zon air masin-payau daripada akuifer ketiga.

sebagai zon intrusi air masin berdasarkan kedudukannya yang berhampiran dengan tepi pantai dan juga kedalaman yang melebihi 10 meter. Walau bagaimana pun, kehadiran lempung samudera dalam zon ini juga perlu diambil kira kerana lempung tersebut juga mempunyai nilai keberintangan yang rendah di sekitar 5 Ohm.meter.

Disamping survei VES, survei pengimejan geoelektrik untuk melihat perubahan keberintangan secara 2-D juga dilakukan di sepanjang 9 stesen terutama di sekitar pantai. Rajah 3 menunjukkan satu contoh keratan pseudo 2-D yang memperlihatkan pola zon-zon kemasinan air tanah di sekitar kawasan kajian. Pada rajah ini ditunjukkan zon berkeberintangan sangat rendah sehingga mencapai 0.8 Ohm.meter di bahagian yang paling hampir dengan pantai laut pada kedalaman 10 hingga 30 meter. Zon ini ditafsirkan sebagai kesan daripada intrusi air laut. Stesen ini dibuat pada jarak di sekitar 200 meter daripada tepi laut.

Analisis kimia air daripada beberapa telaga penggerudian dalam dan telaga cetek bagi kegunaan

domestik juga menunjukkan air di sekitar kawasan kajian telah tercemar dengan penerobosan air masin berdasarkan kepada kandungan kepekatan klorida dan pepejal terlarut dalam air yang disukat. Kepekatan anion-kation yang diplotkan dalam rajah Piper sama ada daripada data Jabatan Mineral dan Geosains maupun data yang diambil daripada telaga cetek mengesahkan kehadiran zon-zon air masin-payau dalam akuifer aluvium pantai di kawasan kajian (Rajah 4). Kepekatan unsur klorida yang diukur daripada sampel-sampel air perigi dalam yang mewakili akuifer ketiga ditunjukkan dalam Rajah 5. Nilai ini diperolehi daripada Ismail *et al.* (2001). Oleh kerana kedudukan telaga tidak menyeluruh di kawasan kajian zon air masin tidak dapat dipetakan dengan baik. Sempadan zon air masin-payau berada dalam anggaran 1-5 kilometer daripada tepi laut.

## KESIMPULAN

Hasil survei geoelektrik dan analisis kimia air tanah telaga cetek yang baru disampel serta cerapan semula keatas data yang disampel oleh Jabatan Mineral dan Geosains menunjukkan air tanah di kawasan kajian telah mengalami kesan kemasukan air masin sama ada secara intrusi langsung daripada air laut atau pun infiltrasi air sungai-sungai besar yang mengalir di kawasan ini. Zon air masin-payau dapat dikesan sehingga mencapai sejauh 5 kilometer daripada garis pantai.

## RUJUKAN

- ABDUL RAHIM SAMSUDIN, HARYONO, UMAR HAMZAH AND ABDUL GHANI RAFEK, 1997. Salinity Study of coastal groundwater aquifers in North Kelantan, Malaysia. *Bull. Geol. Soc. Malaysia*, 41, 159-165.
- FLATHE, H., 1976. The role of geologic concept in geophysical research work for solving hydrogeological problems. *Geoexploration* 14, 195-206.
- ISMAIL, C.M., ABDUL RAHIM SAMSUDIN AND ABDUL GHANI RAFEK, 2001. Penggunaan bersama data geofizik dan geologi dalam kajian akuifer aluvium pantai Pekan-Rompin, Pahang. *Proceedings Annual Geological Conference, Pangkor, Perak*, Persatuan Geologi Malaysia, 197-204.
- LOKE, M.H. AND BARKER, R.D., 1995. Least-squares deconvolution of apparent resistivity Pseudosections. *Geophysics* 60, 1682-1690.
- SITI ZALIPAH JUMARY, UMAR HAMZAH, ABDUL RAHIM SAMSUDIN AND EDNA PILIS MALIM, 2002. Teknik-teknik geoelektrik dalam kajian air masin di Kuala Selangor. *Bull. Geol. Soc. Malaysia*, 45, 319-328.
- UMAR HAMZAH, 2001. Penganggaran sekitaran sedimen di Delta Pahang dengan teknik seismos pantulan. *Proceedings Annual Geological Conference, Pangkor, Perak*, Persatuan Geologi Malaysia, 87-90.
- URISH, D.W. AND FROHLICH, R.K., 1990. Surface electrical resistivity in coastal groundwater exploration. *Geoexploration* 26, 267-289.