

## Teknik-teknik geoelektrik dalam Pemetaan air masin di Kuala Selangor

(Mapping of groundwater salinity at Kuala Selangor by geoelectrical techniques)

SITI ZALIPAH JUMARY, UMAR HAMZAH, ABDUL RAHIM SAMSUDIN & EDNA PILIS MALIM

Program Geologi, Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam  
Fakulti Sains & Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor, D.E., Malaysia

**Abstrak:** Kaedah duga-dalam menegak dan pengimejan geoelektrik telah digunakan untuk memetakan taburan kemasinan air tanah yang terdapat di sekitar kawasan pantai di Kuala Selangor. Kajian ini adalah susulan daripada beberapa penggerudian pemantauan air bawah tanah yang terdapat dalam akuifer aluvium di beberapa lokaliti terpilih oleh Jabatan Mineral dan Geosains. Analisis geokimia keatas air tanah tersebut menunjukkan perbezaan darjah kemasinan bergantung kepada kedudukan perigi pemantauan. Kawasan yang lebih hampir dengan pantai dan juga sungai mempunyai darjah kemasinan yang tinggi berbanding dengan kawasan yang agak jauh daripada pantai dan sungai. Kemasinan ini dipercayai berasal daripada samada intrusi air laut atau infiltrasi air sungai berhampiran ketika berlaku perubahan pasang-surut. Ketebalan akuifer adalah 20 hingga 30 meter dan terdiri daripada pasir dan kelikir bercampur dengan kekanta lempung. Akuifer ini berada di atas batu dasar metasedimen dan juga granit. Lapisan lempung kuning setebal 15m dan mengandungi kekanta pasir dan lodak didapati menutup akuifer ini di bahagian atas. Kajian geoelektrik telah dilakukan di sekitar kawasan pemantauan untuk memetakan taburan kemasinan air bawah tanah secara keseluruhan. Dua teknik survei iaitu duga-dalam menegak dengan susunatur Schlumberger dan pengimejan sisi-menegak telah diguna pakai untuk mencapai tujuan tersebut. Bagi teknik duga-dalam menegak, jarak elektrod arus maksimum yang di gunakan ialah 300 meter. Survei pengimejan elektrik pula menggunakan sistem susunatur eketrod Wenner. Hanya empat elektrod digunakan dalam survei duga-dalam manakala 50 elektrod yang disambungkan dengan kabel multiteras telah digunakan dalam survei pengimejan. Alat ABEM SAS 300C digunakan untuk mengukur keupayaan elektrik dan kotak suis digunakan untuk memilih kedudukan elektrod arus dan keupayaan. Panjang rebakan maksimum bagi survei pengimejan ialah 200 meter. Data analisis kimia yang dilakukan keatas sampel air bawah tanah akan digunakan sebagai data tambahan dalam pentafsiran. Sejumlah 45 stesen duga-dalam elektrik telah dilakukan di sepanjang tiga jalan raya utama yang merentasi kawasan kajian dan pada arah menegak dengan garis pantai. Jarak diantara setiap stesen ialah di antara 1-2 kilometer dan jumlah panjang garis survei ialah 60 kilometer. Hasil survei duga-dalam elektrik menunjukkan air bawah tanah di kawasan kajian boleh dibahagikan kepada air tawar, masin dan payau dan sempadan diantara air payau dan masin terletak di sekitar 4-8 kilometer daripada garis pantai. Keputusan ini sesuai dengan zon pemetaan klorida yang diperolehi melalui analisis air tanah. Sempadan air tawar – air payau dan air payau – air masin dapat dilihat dengan jelas melalui survei pengimejan elektrik di beberapa lokaliti yang telah ditentukan dengan bantuan survei duga-dalam dan analisis klorida.

**Abstract:** Vertical electrical sounding and resistivity imaging techniques are used to map the salinity distribution of the groundwater near the coastal area of Kuala Selangor. This survey is carried out in conjunction with the groundwater drilling of the alluvium aquifer by the Mineral and Geoscience Department. Geochemical analysis data shows that the salinity of the pumped water varies with different locality. Areas closer to the coast and river show higher salinity while samples taken from areas towards the inland are lower in salinity. The high groundwater salinity in some areas is believed to be due to either saltwater intrusion from the nearby sea or river infiltration during tide season. Thickness of aquifer varies from 20 to 30 metres and it consists of sand and gravel mixed with clay lenses. This aquifer is lying on top of metasediment and granite bedrocks and overlain by approximately 15 metres of yellowish brown hard clay with sand and silt lenses. Electrical surveys are carried out in the monitoring area in order to map the groundwater salinity distribution of the whole area. Vertical electrical sounding with Schlumberger electrode array and lateral-vertical imaging technique are used throughout the mapping. In the vertical electrical sounding technique, maximum current electrode spacing used is 300 metres. Wenner electrode configuration system is applied in the electrical imaging survey. Only 4 electrodes are used in the vertical electrical sounding while 50 electrodes connected by a multicore cable is employed for the electrical imaging. ABEM SAS 300C resistivity meter is used for potential measurement and selection of potential and current electrodes is made by a switch box. Maximum electrode spacing used in electrical imaging is 200 metres. Chemical analysis data of the groundwater samples will be used as a supplementary information in the interpretation. Vertical electrical sounding measurement is made at 45 stations along three main roads across the survey area in a direction perpendicular to the coast. Distance between each station is about 1-2 kilometres and the total length of the survey lines are about 60 kilometres. Vertical electrical sounding results show that the groundwater in the area

can be divided into fresh, brackish and saline and the boundaries between brackish and saline is along 4-8 kilometres from the coastal line. This result is in agreement with the mapping of the chloride zones through underground water sampling. Boundaries of fresh-brackish and brackish-saline zones are also detected in the electrical imaging results at several selected localities determined from the previous sounding and chloride analysis.

## PENDAHULUAN

Pembangunan bandar yang pesat dan pertambahan permintaan daripada penggunaan air secara domestik, awam dan swasta telah menyebabkan pihak berkuasa awam mengambil keputusan untuk menggunakan air bawah tanah disamping air permukaan sebagai satu punca alternatif untuk menambah sumber air. Sebagai hasil daripada resolusi ini, Jabatan Mineral dan Galian Malaysia telah diarahkan untuk melakukan penyiasatan hidrogeologi dan taksiran potensi air bawah tanah di dataran aluvium lembangan sungai Selangor pada tahun 1999 (Bachik, 2000). Lembangan ini merangkumi kawasan seluas 400 kilometer persegi menganjur daripada Kuala Selangor hingga ke Batang Berjantai (Rajah 1). Hasil kajian geokimia air menunjukkan, lembangan yang terdiri daripada sedimen lempung dan pasir yang menindih batu sedimen tersebut mengandungi air bawah tanah yang boleh dikelompokkan sebagai tawar, payau dan masin. Oleh itu walaupun air tanah boleh dipamkan keluar sehingga 3200 meter padu sehari, pemilihan lokality untuk digerudi perlu diberi perhatian yang teliti supaya kawasan yang digerudi tidak menghasilkan air payau dan masin yang tidak sesuai untuk digunakan secara domestik. Bertolak dari permasalahan ini satu kajian yang menyeluruh untuk memetakan kawasan ini telah dilakukan khususnya untuk mengetahui zon-zon air tawar yang selamat untuk dijelajahi. Teknik survei permukaan yang sudah diterima dengan meluas untuk menyelesaikan masalah hidrogeologi ialah teknik elektrik (Kearey & Brooks, 1984) seperti kaedah keberintangan dan pengimejan elektrik (Griffiths & Barker, 1993). Nassir & Lee (1998) dan Abdul Rahim Samsudin *et al.* (1997) secara khususnya telah menggunakan kaedah elektrik dalam penyiasatan intrusi air masin kedalam air bawah tanah di sekitar beberapa kawasan pantai. Kertaskerja ini melaporkan

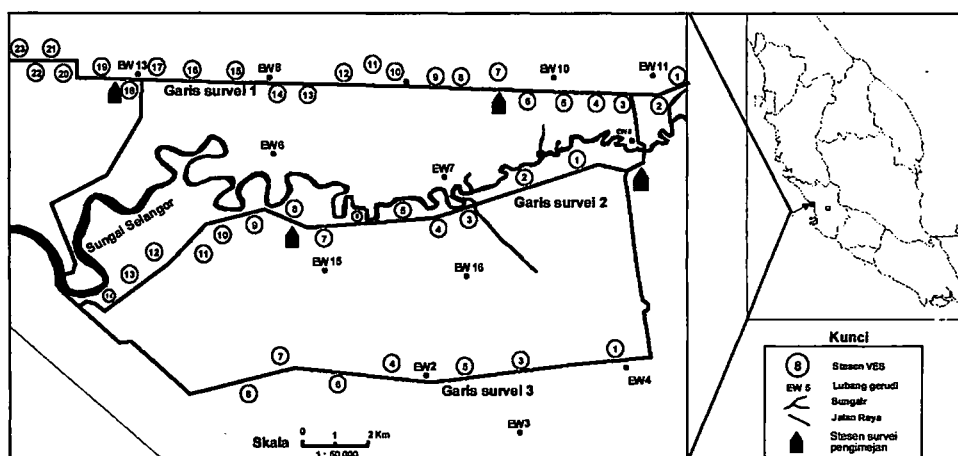
hasil kajian yang telah dilakukan dalam pemetaan zon-zon air di sekitar Kuala Selangor.

## BAHAN DAN KAEDAH

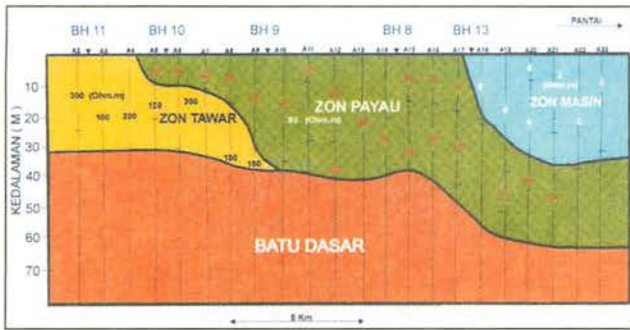
Survei pengimejan elektrik dijalankan dengan menggunakan sistem keberintangan multielektrod. Survei ini menggunakan sejumlah 50 elektrod yang diatur di sepanjang satu garis lurus pada jarak yang sama. Elektrod-elektrod tersebut dihubungkan kepada jangka keberintangan melalui satu kabel multiteras yang bersambung dengan kotak suis. Kotak suis ini digunakan untuk memilih elektrod yang aktif atau yang digunakan pada sesuatu masa untuk pengukuran menurut susunatur Wenner. Untuk menambahkan kedalaman penyiasatan, kedalaman arus perlu ditambah menerusi pertambahan jarak elektrod. Data yang dikumpul diproses dengan mikrokomputer untuk menghasilkan profil taburan keberintangan dalam bentuk 2-D. Permodelan songsang dilakukan untuk memperolehi perubahan nilai keberintangan sebenar dengan kedalaman menggunakan perisian komputer yang sama (Loke & Barker, 1995). Teknik susunatur Schlumberger digunakan dalam survei duga-dalam elektrik. Jarak maksimum dua elektrod arus semasa pembacaan ialah 300 meter dan ini akan menghasilkan kedalaman sasaran sedalam 100 meter. Maklumat tambahan seperti data lubang gerudi litolog, ujian pengepaman dan kualiti air digunakan dalam pentafsiran.

## HASIL DAN PERBINCANGAN

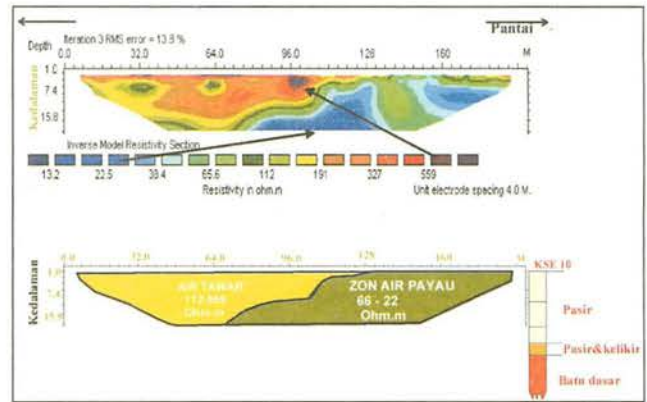
Hasil survei duga-dalam elektrik menunjukkan julat nilai keberintangan yang dihitung berjulat daripada 1 hingga 300 Ohm.m. Mengikut laporan pengkaji-pengkaji terdahulu seperti Bugg & Lloyd (1976), Urish & Frohlich (1990),



Rajah 1. Peta kawasan kajian dan lokasi stesen pengukuran lapangan.



Rajah 2. Profil keberintangan dan zon air berdasarkan kajian VES.



Rajah 3. Profil sempadan air tawar-payau berdasarkan survei pengimejan elektrik.

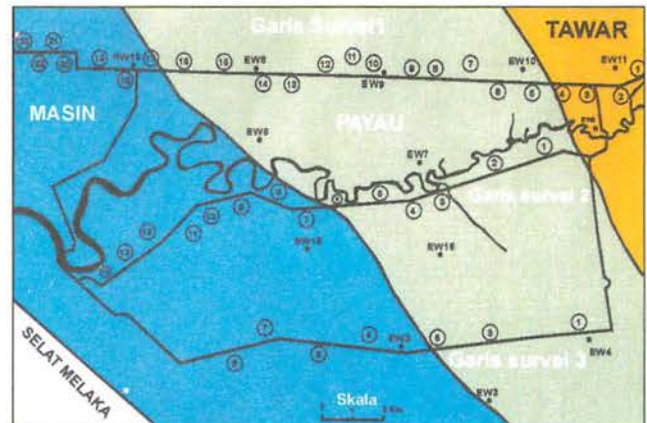
Abdul Rahim Samsudin *et al.* (1997) dan Abdul Ghani Rafek & Abdul Rahim Samsudin (1989), kelompok air tawar mempunyai julat keberintangan melebihi 100 Ohm.m manakala julat air masin ialah kurang daripada 5 Ohm.m. Nilai di antara 5 hingga 100 mewakili kelompok air payau. Berdasarkan maklumat ini, profil dan peta yang mengandungi zon-zon air tawar hingga masin telah dibina. Rajah 2 menunjukkan profil garis rentasan yang dibuat sepanjang hampir 23 kilometer dan Rajah 3 adalah salah satu hasil survei pengimejan yang menunjukkan sempadan air tawar – payau secara 2-D. Rajah 4 adalah peta pengzonan air tawar-masin di seluruh kawasan kajian. Pada amnya sempadan kesan penerobosan air masin boleh dikesan pada jarak di sekitar 4–6 kilometer daripada garis pantai.

## PENGHARGAAN

Kajian ini dilakukan dengan pembiayaan oleh Kerajaan Malaysia melalui peruntukan IRPA 02-02-02-0010. Para penulis merakamkan setinggi penghargaan kepada semua yang terlibat

## RUJUKAN

- ABDUL GHANI RAFEK & ABDUL RAHIM SAMSUDIN, 1989. Pemetaan lapisan lempung samudera dengan kaedah keberintangan geoelektrik di kawasan lebuah raya Tangkak – Pagoh, Johor. *Sains Malaysiana* 18(1), 139-148.
- ABDUL RAHIM SAMSUDIN, HARYONO, UMAR HAMZAH & ABDUL GHANI RAFEK, 1997. Salinity Study of coastal groundwater aquifers in North Kelantan, Malaysia. *Geol. Soc. Malaysia Bull.* 41, 159-165.
- BACHIK, A.R., 2000. Potensi sumber air bawah tanah di Kuala Selangor-Batang Berjantai-Tanjong Karang, Selangor. Geological Survey Dept. ( Unpublished report ).



Rajah 4. Peta fasies air bawah tanah berdasarkan data gabungan.

- BUGG, S.F. & LLOYD, J.W., 1976. A study of freshwater lense configuration in the Cayman Islands using resistivity methods. *Q.J.Eng. Geol.* 9, 291–302.
- GRIFFITHS, D.H. & BARKER, R.D., 1993. Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Jour. of Applied Geophysics* 29, 211-226
- KEAREY, P. & BROOKS, M., 1984. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Oxford. Blackwell Scientific Publications.
- LOKE M. H. & BARKER, R.D., 1995. Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections. *Geophysics* 60, 1682-1690.
- NASSIR, S.S.A. & LEE, C.Y., 1998. The use of geoelectrical surveys for the delineation of different subsurface geological and man-made features. *Ninth Regional Congress on Geology, Mineral and energy resources of Southeast Asia*. Kuala Lumpur, 70-71.
- URISH, D.W. & FROHLICH, R.K., 1990. Surface electrical resistivity in coastal groundwater exploration. *Geoexploration* 26, 267-289.