

Kaedah keberintangan geoelektrik dalam pemetaan intrusi air masin di Kerpan, Kedah

BASHILLAH BAHARUDDIN¹, ABDUL RAHIM SAMSUDIN², ABDUL GHANI RAFEK² DAN MOHD TADZA ABDUL RAHMAN¹

¹Institut Penyelidikan Teknologi Nuklear Malaysia, Bangi
43000 Kajang, Selangor, Malaysia

²Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

Abstrak: Sejak kebelakangan ini, masalah pencemaran air tanah mula mendapat perhatian yang serius daripada pihak berwajib. Masalah ini adalah disebabkan oleh pelbagai sumber bahan cemar seperti pembuangan sisa domestik dan industri serta aktiviti pertanian. Peningkatan sisa domestik dan industri adalah berkadar terus dengan pertambahan penduduk. Pertambahan penduduk juga menyebabkan keperluan terhadap air bersih turut meningkat. Pencemaran yang berpunca dari intrusi air masin bukan masalah baru dan baru sekarang ia mula menjadi isu global dan kini mendapat perhatian dikalangan para penyelidik. Antara kawasan di Malaysia yang berpotensi menghadapi masalah ini ialah kawasan Pengairan Muda di Kerpan, Kedah. Peralatan yang digunakan dalam kajian ini ialah Terrameter SAS 4000 dan SAS 300C. Survei keberintangan geoelektrik menggunakan teknik pengimejan (gabungan teknik pemprofilan dan duga dalam) dan teknik duga dalam telah dijalankan di kawasan Kerpan, Kedah untuk menguji masalah intrusi air masin. Imej keberintangan 2 dimensi dari teknik pengimejan yang diperolehi dapat membantu dalam penafsiran geologi bawah permukaan dan keadaan air tanah di kawasan kajian. Ini kerana kemampuannya mengenalpasti ciri-ciri elektrik seperti kerintangan, ketelusan dan kebolehan cas. Dalam kajian ini, beberapa sampel tanah juga diambil bagi melihat saiz partikel, keliangan, jenis tanah dan darjah keterlapan. Ini kerana ia turut mempengaruhi nilai kerintangan tanah yang diukur. Nilai kerintangan bagi kawasan yang dimasuki oleh air laut ialah kurang dari 10 ohm.m manakala air segar memberikan kerintangan sekitar 10 - 100 ohm.m. Kajian duga dalam elektrik menunjukkan kehadiran air masin di kawasan kajian.

Abstract: Lately, groundwater contamination has become a public concern. It comes from many activities such as industrial, domestic and agriculture. Seawater intrusion is not a new issue, and has only now started to draw attention from lots of parties since it is also a contributor to groundwater contamination. Therefore a study about seawater intrusion is carried out and the selected area is Kerpan, Kedah. The objectives were to map seawater intrusion and to find the best techniques for contamination investigation. This information is useful particularly in agriculture because any contamination caused by chlorine (seawater) intrusion can affect crops production. For the Kerpan Project, two electric resistivity survey instruments, the Terrameter SAS 4000 and SAS 300C were used. SAS 4000 provides two - dimensional resistivity profiles. These profiles have the capability to assess a comprehensive geological interpretation by examine subsurface electric characteristics such as resistivity, permittivity and chargeability. SAS 300C on the other hand provided sounding data (vertical structure - 1-D profiles only) which can also be used to determine subsurface layering. Resistivity values for seawater is less than 10 ohm.m whilst freshwater around 10 - 100 ohm.m. Result from the sounding technique showed that seawater exists in the study area.

PENDAHULUAN

Pencemaran air sering dikaitkan dengan sisa buangan industri, domestik dan pertanian. Namun, terdapat satu lagi punca yang mengaruh kepada pencemaran air tanah iaitu intrusi air masin/laut. Intrusi air masin telah didefinisikan oleh Freeze dan Cherry (1979) sebagai pergerakan/migrasi air masin ke dalam akuifer air segar/tawar dibawah pengaruh perkembangan air bawah tanah. Ia menjadi masalah kepada kawasan pantai dimana akuifer air segar mempunyai hubungan hidraulik dengan air laut. Ia bukanlah masalah baru namun kajian terperinci mengenainya masih kurang dilaksanakan di Malaysia. Sejak kebelakangan ini, masalah pencemaran air tanah mula mendapat perhatian yang serius dari pelbagai pihak. Perkembangan bilangan penduduk

dunia menyebabkan keperluan terhadap air bersih turut meningkat. Masalah intrusi air masin mula menjadi isu global dan telah menarik perhatian ramai penyelidik. Beberapa kawasan berhampiran pantai di Malaysia turut mengalami masalah yang sama.

HIPOTESIS DAN OBJEKTIF KAJIAN

Kawasan kajian merupakan kawasan penanaman padi dan ia terletak beberapa kilometer sahaja dari pantai. Berdasarkan kepada kedudukannya yang berhampiran dengan pantai dan terdiri daripada sedimen marin serta terdapatnya beberapa terusan (canal) maka ia berkemungkinan mengalami masalah pencemaran akibat air masin. Selain itu terdapat juga ladang ternakan udang

harimau disekitar kawasan kajian dimana terdapat aktiviti pengepaman air masin. Persoalan timbul ialah berlakunya pencemaran air masin disebabkan oleh pengepaman air masin untuk ternakan udang atau kerana geologi kawasan yang terdiri dari sedimen marin. Berdasarkan hipotesis ini maka satu kajian telah dijalankan bagi memetakan kawasan intrusi air masin dengan menggunakan kaedah keberintangan geoelektrik. Teknik yang digunakan ialah pengimejan dan duga dalam elektrik.

Objektif utama kajian ini dilaksanakan ialah bagi menentukan sempadan antara air tanah segar dan air masin di Kawasan Pengairan Muda Peringkat 3. Kajian ini akan memberi manfaat kepada pihak MADA bagi perancangan jangka panjang untuk kawasan penanaman padi.

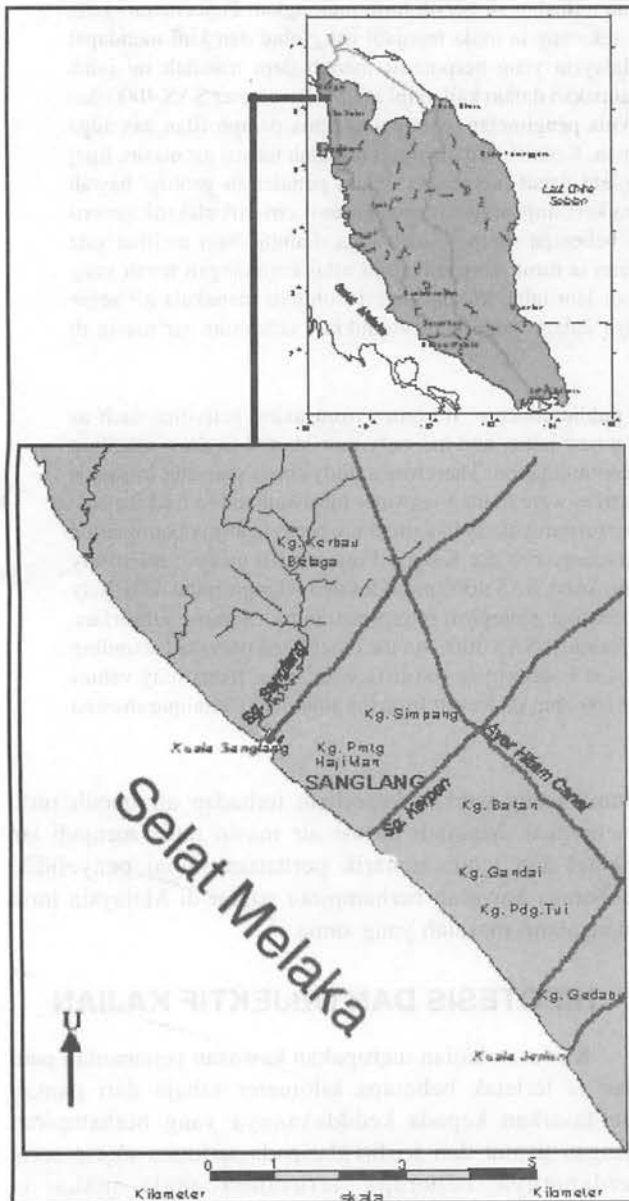
Objektif pengukuran geoelektrik ini ialah untuk mendapatkan taburan keberintangan lapisan tanah di kawasan kajian. Selain itu kaedah ini juga digunakan bagi

menentukan ketebalan lapisan tanah. Maklumat-maklumat ini akan digabungkan dengan data kimia, maklumat geologi dan hidrologi bagi menyediakan satu laporan mengenai intrusi air laut (jika berlaku). Pengukuran keberintangan geoelektrik juga dapat memberi maklumat mengenai sejauh mana pencemaran telah berlaku di kawasan kajian dan seterusnya menentukan sempadan kawasan yang tercemar.

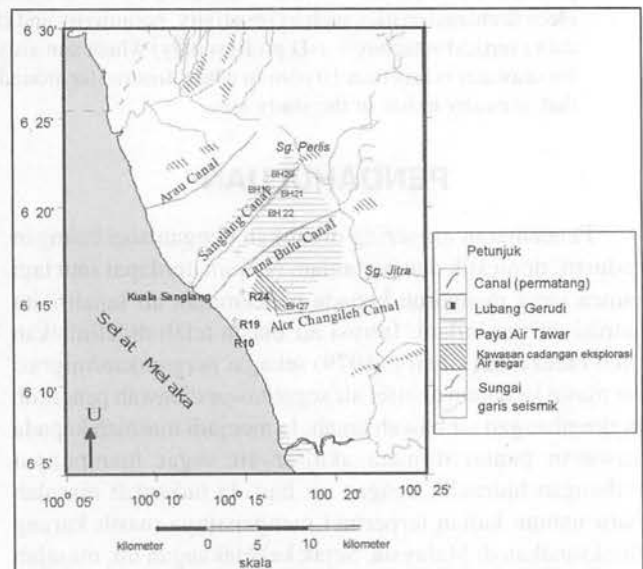
GEOLOGI DAN GEOGRAFI KAWASAN

Kerpan, Kedah terletak kira-kira 30 km dari Alor Setar. Ia terletak dalam mukim Jerlun. Kawasan kajian (Rajah 1) terletak di kedudukan 06°14' U sehingga 06°17' U dan 100°11' T sehingga 100°14' T. Kawasan ini diliputi oleh aluvium berusia Resen-Pleistosen dan tidak banyak kajian geologi dijalankan di sini. Dari data lubang gerudi yang dibuat di Sanglang Canal (Rajah 2), pada kedalaman sekitar 0- 13 meter aluviumnya terdiri dari lempung kehijauan dengan kehadiran kerikil kuarzit, batu kapur dan berpasir. Bawah 15 meter ditemui batuan dasar iaitu Batu Kapur Chuping (Jones, 1978).

Di kawasan kajian tidak terdapat struktur utama dan kawasan kajian adalah bertopografi rendah iaitu sekitar 0 - 75 m (0-250 kaki). Kira-kira 10 kilometer dari kawasan kajian iaitu pada arah tenggara terdapat singkapan bukit batu kapur iaitu Gunung Keriang. Kawasan kajian mempunyai pantai yang landai dan terdapat beberapa bahagian yang dilitupi oleh tumbuhan paya bakau. Kawasan pantai ini terbentuk hasil dari aluvium pelantar marin (flat marine alluvium) yang melalui (passing) kawasan pesisir ke koluvium dan timbul beberapa kaki diatas paras laut. Kelebaran kawasan pantai di Kedah Utara dan Perlis adalah sekitar 20 km. Terdapat juga di beberapa tempat yang dilitupi oleh lapisan lumpur dan ini menggalakkan pertumbuhan hutan paya bakau seperti yang terdapat di Kuala Tunjang dan Kuala Kerpan. Sistem saliran di kawasan ini tidak



Rajah 1. Kedudukan kawasan kajian di Kg. Gandai, Kerpan, Kedah.



Rajah 2. Peta kedudukan lubang gerudi, garis seismos dan stesen duga dalam di kawasan kajian.

jas. Saliran yang paling hampir dengan kawasan kajian ialah Sungai Perlis, Sungai Kedah, Sungai Padang Terap dan Sungai Arau (Rajah 3). Semua sungai di Perlis dan Kedah Utara mengalir ke kawasan paya bakau yang terdapat diujung muara Sungai Kedah dan Sungai Perlis.

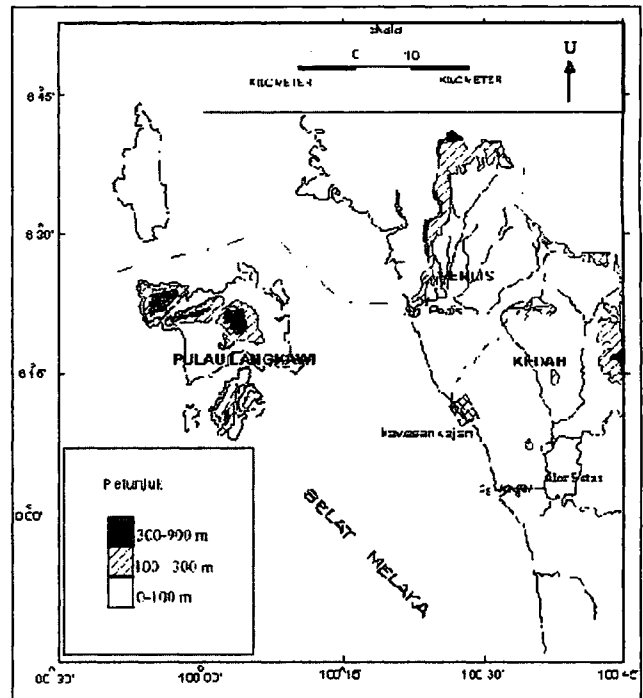
KAEDAH KEBERINTANGAN GEOELEKTRIK

Kaedah keberintangan geoelektrik merupakan salah satu kaedah geofizik yang sering digunakan dalam kajian airtanah terutama dalam eksplorasi dan mengesan pencemaran. Dalam teknik ini nilai keberintangan yang diperolehi dapat membezakan antara peralapisan batuan, tanah dan air. Nilai keberintangan dikira berdasarkan hukum ohm dan nilai keberintangan ini dipengaruhi oleh bahan bumi seperti saiz partikel, keliangan, jenis tanah, tahap keterluluhawa, perbezaan kimia, isipadu retakan batuan yang diisi oleh air kandungan ion bebas atau sifat kegraman air perangkap dan darjah keterlapan bahan (Abdul Kahar Embi, 2000). Terdapat dua teknik dalam kaedah keberintangan geoelektrik iaitu teknik pemprofilan dan teknik duga dalam. Peralatan yang digunakan untuk teknik pemprofilan ialah Terrameter SAS 4000 (Rajah 5) manakala untuk teknik duga dalam ialah SAS 300C (Rajah 6) telah digunakan. Teknik pemprofilan digunakan bagi melihat perubahan keberintangan secara mendatar manakala teknik duga dalam bagi melihat perubahan secara menegak (Gosh, 1971)

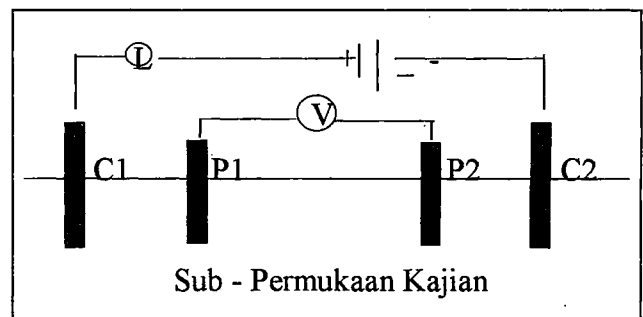
Pengambilan data dalam kaedah keberintangan geoelektrik telah diperkembangkan secara automatik dan dikenali sebagai teknik pengimejan keberintangan 2-D. Imej 2-D yang diperolehi menunjukkan perubahan keberintangan secara mendatar dan menegak (Loke, 1997.). Penafsiran dibuat menerusi model kerintangan yang dikira (Loke dan Baker, 1996). Perisian komputer yang terlibat ialah Res2DINV. Dalam teknik duga dalam pengambilan data masih secara manual dan ia diproses menggunakan perisian RESIX.. Setelah diproses, jumlah peralapisan batuan atau tanah serta nilai keberintangannya akan dapat diketahui.

TEKNIK DUGA DALAM DI LAPANGAN

Dalam kaedah keberintangan elektrik arus dialirkan kedalam tanah menerusi 2 elektrod arus dan beza keupayaannya akan diukur melalui 2 elektrod potensi (Boyd, 1998) (Rajah 4). Terdapat beberapa tatarajah elektrod elektrod dalam kaedah keberintangan geoelektrik tapi tatarajah yang sering digunakan ialah tatarajah Wenner dan Schlumberger. Dalam kajian awal di Kerpan, teknik yang digunakan ialah teknik duga dalam dan tatarajah yang digunakan ialah Schlumberger. Pemilihan teknik ini pada peringkat awal bertujuan memberi maklumat keberintangan geoelektrik bawah permukaan secara umum di kawasan kajian. Ini membolehkan garis kajian yang terbaik dipilih bagi teknik pemprofilan. Jarak maksimum antara 2 elektrod



Rajah 3. Keadaan topografi kawasan kajian.



Rajah 4. Litar Ringkas yang terhasil apabila arus dibekalkan.

arus yang digunakan ialah 300 meter untuk mendapatkan maklumat kerintangan dibawah permukaan pada kedalaman anggapan maksimum 100 meter. Jarak antara stesen ialah antara 500 - 700 meter. Peralatan yang digunakan ialah SAS 300C dengan 4 elektrod keluli. Jarak elektrod berubah mengikut kedalaman. Data yang diperolehi diproses menggunakan perisian RESIX. Sejumlah 25 stesen duga dalam telah diukur pada 3-10 Februari 2001. Namun hanya 3 stesen sahaja yang akan dibincangkan dalam kertas kerja ini.

KEPUTUSAN KAJIAN DAN TAFSIRAN

Pengukuran keberintangan dijalankan di tiga kawasan berasingan iaitu berhampiran pantai, selepas kolam ternakan udang dan jauh dari kawasan kajian. Penafsiran data duga dalam (tatarajah Schlumberger) bagi kawasan yang berhampiran pantai (stesen 10), jelas menunjukkan nilai keberintangannya kurang dari 2 ohm.m. yang mungkin disebabkan oleh kehadiran air masin (julat nilai kerintangan

air masin dalam Jadual 1). Ketebalan lapisan ini sekitar 0.5 hingga 2.5 meter. Lapisan kedua mempunyai nilai keberintangan di antara 5 hingga 10 ohm.m dengan ketebalan 2 hingga 5 meter yang ditafsirkan sebagai lapisan yang mengandungi air payau. Stesen 10 hanya memberi maklumat sekitar kedalaman 10 meter. Ini disebabkan pada kedalaman lebih dari 5 meter tiada perubahan keberintangan yang diperolehi. Lapisan atas menunjukkan nilai keberintangan yang agak tinggi (sekitar 2-3 ohm.m) berbanding lapisan bawahnya (sekitar 0.5 - 1 ohm.m) kerana lapisan atas bersifat lebih kering (kawasan jalan) akibat terdedah di permukaan. Ditafsirkan paras air tanah untuk stesen ini ialah pada kedalaman antara 1 hingga 2 meter yang diperolehi berdasarkan paras air sungai di kawasan berhampiran.

Di stesen 19, perubahan nilai keberintangan yang ditunjukkan sehingga kedalaman 100 meter dengan 6 lapisan boleh ditafsirkan. Pada kedalaman kurang dari 10 meter, corak keberintangan yang diperolehi adalah sama seperti di stesen 10. Penurunan kerintangan (<1 ohm.m) dicerap pada kedalaman 10 hingga 20 meter dan ini ditafsirkan berlaku akibat lapisan yang tepu dengan air masin. Selepas itu berlaku peningkatan nilai kerintangan ke 120 ohm.m sehingga kedalaman 100 meter. Ia boleh ditafsirkan sebagai lapisan yang tepu air segar.

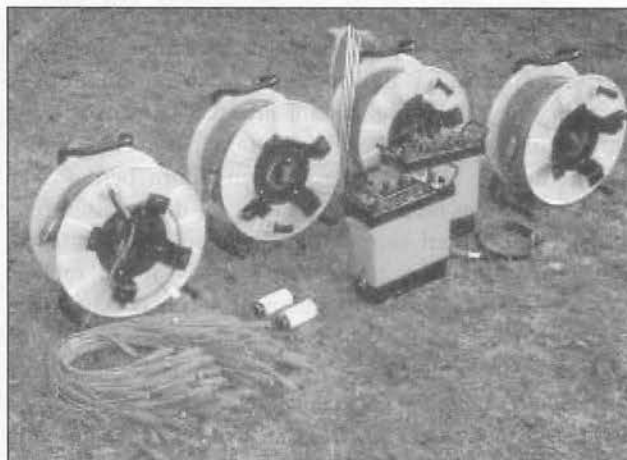
Stesen 24 iaitu yang dilakukan pada jarak yang lebih jauh dari kawasan kajian turut menunjukkan ragam nilai keberintangan yang hampir sama. Terdapat 5 lapisan yang mempunyai nilai keberintangan berbeza telah ditafsirkan. Perubahan nilai keberintangan yang ditunjukkan adalah sehingga kedalaman 100 meter. Sama seperti di stesen 19, tetapi nilai keberintangan yang tinggi dicerap pada kedalaman melebihi 30 meter (10 meter lebih dalam dari stesen 19). Keadaan ini berlaku kemungkinan dipengaruhi oleh topografi batuan dasar (batu kapur).

KESIMPULAN

Intrusi air masin jika tidak dikawal ia mampu memberi masalah yang serius kepada orang ramai terutama para petani. Air masin boleh memberi kesan yang buruk kepada tumbuhan terutama tumbuhan yang peka terhadap kemasinan seperti padi. Aktiviti pengepaman air (terutama

telaga yang dibina untuk kegunaan penduduk setempat) juga mengaruh kepada masalah intrusi.

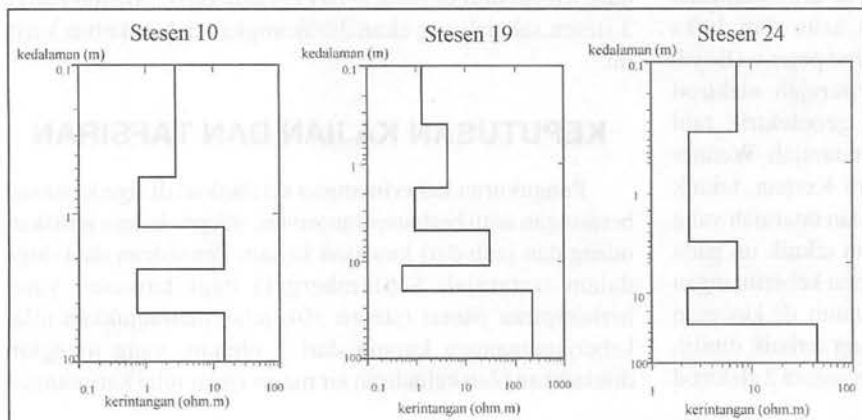
Keputusan kajian awal memberi gambaran bahawa kawasan ini terdapat lapisan yang mempunyai nilai keberintangan yang rendah. Ini menunjukkan kemungkinan besar di kawasan ini ada berlaku intrusi air masin. Di stesen yang berdekatan dengan laut (stesen 10), nilai keberintangan pada kedalaman 10m tidak berubah dengan



Rajah 5. Peralatan LUND yang lengkap untuk SAS Terrameter 4000: kabel, elektrod, elektrod jumpers, ES464 Relay Box, bersama dengan SAS 4000 Terrameter.



Rajah 6. Peralatan SAS 300C.



Rajah 7. Graf - graf kawasan kajian bagi stesen 10, 19 dan 24.

Jadual 1. Senarai nilai kerintangan beberapa jenis batuan, mineral dan bahan kimia (Keller dan Frischknecht, 1966; Daniels dan Alberty, 1966)

Bahan	Kerintangan (Ωm)	Kekonduksian (Ωm^{-1})
Igneus & Metamorf		
Granit	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
'Slate'	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marmar	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Kuarzit	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Batuan Sedimen		
Batu Pasir	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Syal	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Batu Kapur	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
Tanah dan Air		
Lempung	1 - 100	0.01 - 1
Aluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Air Bawah Tanah (Bersih)	10 - 100	0.01 - 0.1
Air Laut	0.15	6.7
Bahan Kimia		
Besi	9.074×10^8	1.102×10^7
0.01 M Potasium Klorida	0.708	1.413
0.01M Sodium Klorida	0.843	1.185
0.01 M Asid asetik	6.13	0.163
Xylene	6.998×10^{16}	1.429×10^{17}

ketara ($< 10 \text{ ohm.m}$) sehingga kedalaman 100 meter. Corak yang sama juga dicerap di stesen 19 dan 24 bagi kedalaman kurang dari 10 meter. Di stesen 19 dan 24, perubahan nilai keberintangan yang hampir sama dicerap untuk kedalaman melebihi 10 meter. Ini menunjukkan nilai keberintangan meningkat apabila menjauhi kawasan pantai.

CADANGAN KAJIAN LANJUTAN

Hasil kajian ini dapat membantu untuk membuat survei dan ujian seterusnya bagi melihat corak kemasukan air masin serta sejauh mana intrusi air masin telah berlaku di kawasan kajian. Pada kajian seterusnya, teknik duga dalam akan di buat di kawasan pedalaman yang lebih jauh (daripada stesen 24). Selain itu analisis sampel tanah, teknik pemprofilan, pengimejan keberintangan geoelektrik dan analisis kimia air akan dilakukan bagi memberi maklumat

yang lebih tepat seterusnya memetakan kedudukan padatan air masin di kawasan kajian.

PENGHARGAAN

Jutaan terima kasih diberikan kepada kakitangan MINT dan MADA yang telah membantu dalam kerja-kerja di lapangan dan makmal serta kepada Jabatan Mineral dan Geosains Ipoh kerana membantu mendapatkan maklumat mengenai intrusi air masin. Tidak ketinggalan juga terima kasih kepada Tom Boyd dari University Corporation for Atmospheric Research in Boulder, Colorado dan Jan Eriksson dari ABEM Sweden yang membantu mendapatkan maklumat mengenai kaedah dan peralatan keberintangan elektrik.

RUJUKAN

- ABDUL KAHAR EMBI, 2000. Kajian Geologi Sub Permukaan Menggunakan Teknik Seismik Pembiasan Dan Pengimejan Elektrik 2 D Dicapang Lebuhraya Kuala Kangsar Grik (Fasa 2), *Prosiding Seminar Penggunaan Geofizik Dalam Kajian Geoteknik, 12 Jun 2000, 3-3 - 3-4*
- BOYD, T. M., 1998. Introductory Geophysics: A Web-Based Resource. *Teaching Earth Sciences*, 23: 163-167.
- BOYD, T. M., 1997. The SEG multi-disciplinary initiative: Teaching the essence of geophysics (Nonreferred). *The Leading Edge*, 16: 1039-1043.
- FREEZE, R.A. DAN CHERRY, J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice - Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey
- GOSH, D., 1971. Inverse filter coefficients for the computation of apparent resistivity standard curves for horizontally layered earth. *Geophysical Prospecting*, 19: 769-775.
- JOHN, M. R., 1997. *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley & Sons, Inc., West Sussex
- JONES, C.R, 1978. Geology And Mineral Resources Of Perlis, North Kedah And The Langkawi Islands, *Geological Survey Malaysia District Memoir 17*. Jabatan Penyiasatan Kajibumi Malaysia, Kuala Lumpur.
- KELLER, G.V DAN FRISCHKNECHTS, F.C, 1966. *Electrical methods in geophysical prospecting*, Pergamon Press, New York, 517 ms.
- LOKE, M. H., 1997. Electrical imaging surveys for environment and engineering studies. Nota khusus pengimejan elektrik. Pusat Pengajian Sains Fizik, Universiti Sains Malaysia. Pulau Pinang.
- LOKE, M. H DAN BARKER, R.D 1996. Rapid least-square inversion of apparent resistivity pseudosection by quasi-Newton method. *Geophysical prospecting*, 44:131-152.