

Pemetaan Akuifer dengan Teknik Geoelektrik di Sungai Kelambu, Banting, Selangor (Mapping of Aquifer by Geoelectrical Techniques at Sungai Kelambu, Banting, Selangor)

UMAR HAMZAH, DAYANG SURAYA SIRAT & NAZIHAH MUZAFAR

ABSTRAK

Pengukuran keberintangan secara menegak dan secara 2D telah dilakukan di Sungai Kelambu, Banting untuk memetakan lapisan dan jenis air yang terdapat dalam akuifer pasir serta endapan yang berada di sekitarnya. Pengukuran keberintangan menegak dilakukan di sebanyak 29 stesen manakala pengukuran keberintangan 2D dilakukan di sebanyak 8 profil. Keberintangan sebenar yang diperolehi menerusi permodelan songsang telah dikorelasikan dengan data lubang gerudi yang berhampiran untuk memudahkan pentafsiran. Berdasarkan pentafsiran, lapisan lempung didapati berkeberintangan 8-180 Ω m dan tebal purata 15m berada di atas lapisan akuifer pasir berkeberintangan 40-800 Ω m dan tebal 35-87m. Lapisan pasir ini terendap di atas metasedimen yang berjulat keberintangan 600-800 Ω m. Selain daripada fakta keberintangan dan ketebalan, taburan stesen kajian telah memungkinkan pembinaan peta kontur untuk melihat taburan ketebalan dan keberintangan lapisan akuifer. Peta kontur ketebalan menunjukkan bahagian akuifer yang paling tebal terletak di bahagian tengah dan tenggara kawasan kajian. Oleh sebab julat keberintangan akuifer ini berkisar di antara 40-800 Ω m, ini bermakna akuifer tersebut mengandungi air segar hingga payau.

Kata kunci: akuifer air bawah tanah; keberintangan elektrik; permodelan songsang; survei geofizik

ABSTRACT

Vertical and 2D electrical resistivity measurements were carried out at Sungai Kelambu, Banting for mapping layers and type of groundwater in the sandy aquifer of the area. Measurement of vertical electrical resistivity were carried out at 29 stations and 8 profiles were established for 2D electrical measurements. The true layer resistivities derived from inversed modeling were tied with the nearby boreholes in the interpretation process. Based on the interpretations, resistivity of the top layer ranged from 8 to 180 Ω m and this layer has a thickness of about 15 m. The underlying sand aquifer resistivity values ranged from 40 to 800 Ω m with thicknesses ranging from 35 to 87 m. This sand layer was deposited on top of metasedimentary bedrock which has resistivity values ranging from 600 to 800 Ω m. Beside resistivity and thickness information, contour maps of thickness or isopach and resistivity distribution of the aquifer were established from the vertical electrical resistivity measurement data. Isopach contour map showed that the thickest part of the aquifer was in the middle and in the southeast of the study area. Since the resistivity values of the aquifer ranged from 40 to 800 Ω m, the aquifer can be inferred as having fresh to brackish type of groundwater.

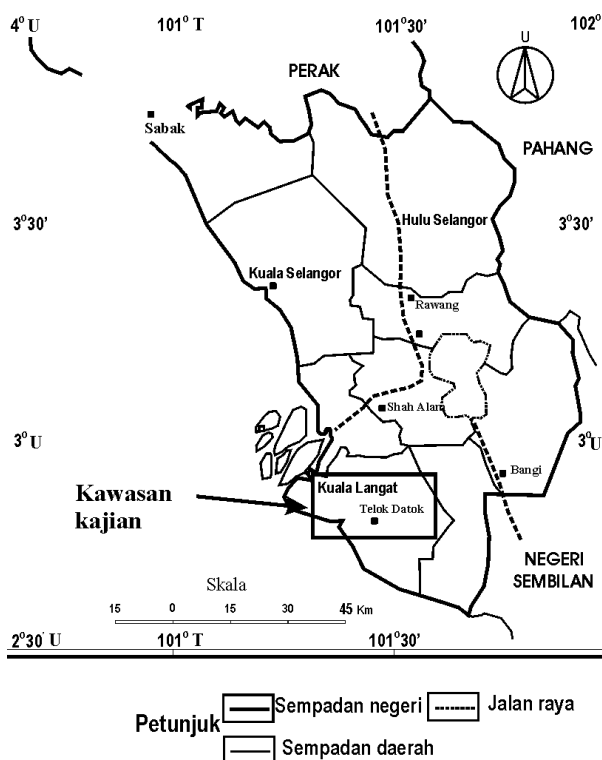
Keywords: groundwater aquifer; electrical resistivity; inverse modeling; geophysical survey

PENDAHULUAN

Teknik penyelidikan untuk mengetahui kemasinan air bawah tanah yang terdapat dalam akuifer boleh dilakukan dengan teknik geofizik dan hidrogeokimia. Kaedah keberintangan geoelektrik yang merupakan sebahagian daripada teknik geofizik seringkali digunakan untuk menyelesaikan isu kemasinan air tanah. Kajian yang serupa telah dilakukan oleh Dam (1992) di Holland manakala Todd (1974) melaporkan hasil penyelidikan di USA. Nilai keberintangan dipengaruhi oleh saiz kumin, keliangan, jenis tanah, tahap

luluhawa dan juga tahap keterlapan (Abdul Kahar Embi, 2000). Kaedah keberintangan amat sesuai digunakan untuk menentukan sempadan air masin dan air segar kerana air garam akan mengurangkan keberintangan secara ketara. Berdasarkan Keller dan Frischknecht (1966), nilai air yang dicemari oleh air masin mempunyai keberintangan sebesar 0.15 Ω m manakala nilai kerintangan bagi air tanah segar ialah di antara 10 hingga 100 Ω m. Teknik cerapan data dalam kaedah keberintangan telah dikembangkan kepada teknik automatik secara dua dimensi iaitu menegak dan sisi untuk

mbolehkan data dipersembahkan secara 2D (Loke 1997). Data keberintangan ketara yang diambil di lapangan telah diproses dengan permodelan songsang untuk memperolehi keberintangan sebenar melalui perisian komputer yang telah dibina oleh Loke dan Barker (1996). Kertaskerja ini membentangkan beberapa hasil pengukuran yang dilakukan di Sungai Kelambu, Banting (Rajah 1).



RAJAH 1. Peta menunjukkan lokaliti kawasan kajian

Objektif kajian adalah untuk memetakan kemasinan air bawah tanah berdasarkan nilai keberintangan elektrik yang terdapat dalam akuifer dan juga untuk memetakan ketebalan lapisan akuifer dan lempung samudera yang terdapat di sekitar kawasan kajian. Lapisan akuifer yang akan dipetakan tersebut terdiri daripada pasir dan kelikir yang tidak padat berusia Kuaterner. Maklumat mengenai ketebalan akuifer dan jenis air bawah tanah diperolehi daripada penggerudian yang telah dijalankan oleh Jabatan Mineral dan Geosains pada tahun 1998. Berdasarkan maklumat lubang gerudi, Bahagian paling atas hingga kedalaman 1 meter adalah terdiri dari bahan gambut dan lapisan ini menindih lapisan lempung yang mempunyai ketebalan disekitar 20 meter. Lapisan pasir halus hingga sederhana setebal 21 meter pula berada di bawah lapisan lempung ini manakala lapisan kelikir yang mempunyai sama ketebalan seperti pasir halus terletak di bawah lapisan pasir. Lapisan kelikir ini terendap di atas batu dasar metasedimen yang terluluhawa. Lapisan pasir halus dan kelikir adalah merupakan lapisan akuifer jenis terkekang kerana ditutupi oleh lapisan lempung. Endapan

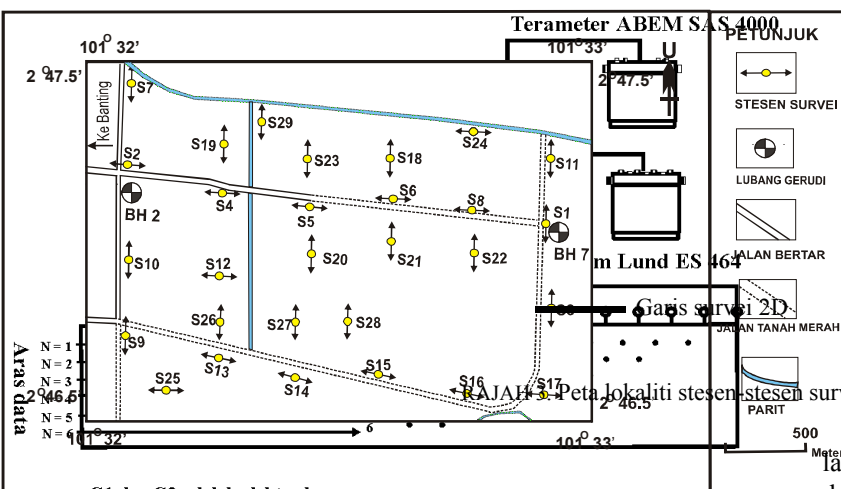
pasir, kelikir dan lempung ini dikelaskan dalam formasi Beruas, Gula dan Simpang manakala batu dasar metasedimen mewakili formasi Bukit Kenny. Lempung yang terletak di bahagian teratas yang juga termasuk tanah gambut dan lempung berpasir adalah merupakan endapan formasi Beruas berusia Holosen. Sekitaran pengendapan formasi ini ialah sungai dan muara sungai (Nawawi et al. 2001). Endapan formasi Gula yang terletak di bahagian bawah formasi Beruas terdiri daripada lempung dan sedikit pasir juga berusia Holosen dan mempunyai sekitar pengendapan lautan dan muara sungai. Endapan yang terdiri daripada kelikir, pasir dan sedikit lempung yang terendap di bahagian atas metasedimen formasi Bukit Kenny adalah merupakan endapan formasi Simpang yang berusia Plestosen.

METODOLOGI

Survei pengimejan geoelektrik dijalankan dengan menggunakan sistem pengukur rintangan multielektrod. Elektrod yang digunakan terdiri daripada 42 batang besi keluli sepanjang 0.5 m yang disusun di atas garis lurus dan disambungkan dengan kabel multiteras (Lund CVES) kepada alat pengukur rintangan ABEM SAS 4000 (Rajah 2). Satu sistem kawalan komputer sistem ABEM Lund model ES464 digunakan untuk memilih secara automatik elektrod-elektrod yang aktif semasa pengukuran. Empat elektrod aktif ditentukan menurut susunatur WENNER. Data yang diukur di lapangan ditafsirkan dengan bantuan komputer melalui perisian RES2DINV. Untuk mentafsirkan data yang diperolehi melalui survei pengimejan 2D, perisian ini akan membina satu model 2D bawah tanah yang terdiri daripada blok-blok empatsegi dan menentukan keberintangan blok-blok tersebut supaya nilai keberintangan ketara yang dihitung sepadan dengan nilai keberintangan ketara yang dicerap di lapangan. Perisian ini menggunakan skema kesongsangan kuasa dua terkecil (least-squares) untuk mengira keberintangan yang sesuai bagi setiap blok (Loke & Barker 1996). Keberintangan yang dihitung diberikan dalam bentuk keratan rentas yang siap untuk ditafsirkan. Kaedah keberintangan pada asasnya mengukur taburan keberintangan bahan-bahan subpermukaan yang mana setiap bahan akan mempunyai nilai keberintangan yang berbeza (Keller & Frischnecht 1996). Kerintangan ini dihitung dengan sepasang elektrod keupayaan setelah arus dialirkan kedalam bumi melalui sepasang elektrod arus. Pengukuran dilakukan di sepanjang 8 profil di antara kawasan lubang gerudi 2 dan 7. Kedudukan stesen-stesen kajian ditunjukkan dalam Rajah 3.

Bagi pengukuran keberintangan menegak, empat elektrod yang disusun mengikut tatacara Schlumberger telah digunakan untuk menghitung nilai rintangan di lapangan dengan meter rintangan model ABEM SAS 300C. Arus dialirkan melalui dua elektrod arus manakala dua elektrod keupayaan digunakan untuk menghitung keupayaan yang digunakan untuk memperolehi keberintangan bahan yang terletak di antara elektrod tersebut. Jarak elektrod arus

RAJAH 2. Susun atur peralatan survei pengimejan geoelektrik



C1 dan C2 adalah elektrod arus
 P1 and P2 adalah elektrod keupayaan
 a adalah jarak elektrod bagi N=1
 2a adalah jarak elektrod bagi N=2
 3a adalah jarak elektrod bagi N=3

Titik-titik merupakan kedudukan keupayaan yang diukur di bawah permukaan

pengukuran jenis ini telah dilakukan di sebanyak 27 stesen-stesen di sekitar lubang gerudi 2 dan 7. Jarak antara stesen adalah sekitar 50-70 m dan kedudukan stesen-stesen kajian ditunjukkan dalam Rajah 3.

HASIL DAN PERBINCANGAN

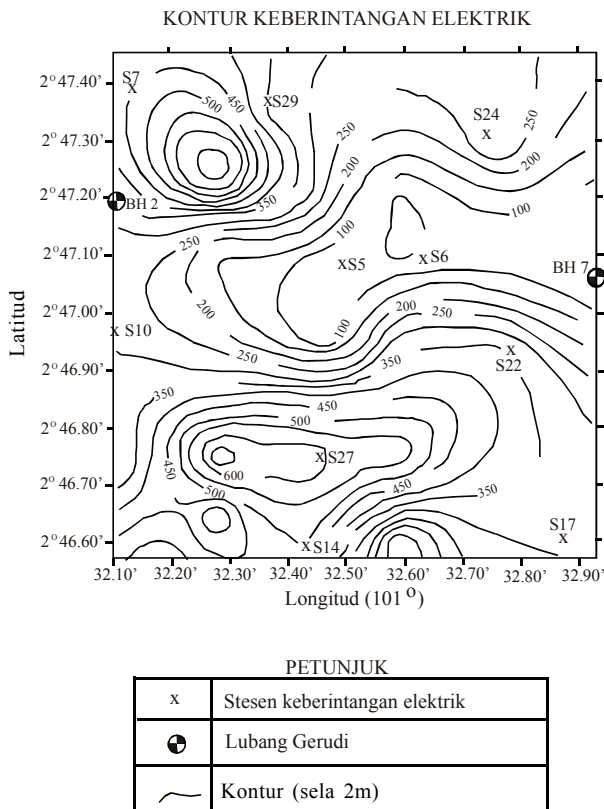
Permodelan songsang (inverse modeling) menghasilkan taburan kerintangan sebenar lapisan akuifer pasir di kawasan kajian. Peta kontur keberintangan dan ketebalan

lapisan pasir telah dibina dan ditunjukkan dalam Rajah 4 dan 5. Julat kerintangan lapisan pasir dan kelikir adalah sangat besar iaitu 40 hingga 800 Ωm. Julat keberintangan ini dapat ditafsirkan sebagai lapisan pasir berair bawah tanah dengan jenis kemasinan berkisar dari payau hingga segar. Tafsiran ini bersesuaian dengan air yang bersifat payau yang dipam dari lubang gerudi oleh Jabatan Mineral dan Geosains. Kaedah ini walau bagaimana pun tidak dapat membezakan keberintangan lapisan kelikir dan pasir walau pun ketebalan lapisan pasir adalah sekitar 20 m. Ada kemungkinan lapisan pasir dan kelikir mengandungi jenis kemasinan air yang sama sehingga keberintangan yang diukur mewakili rangsangan seolah-olah daripada satu lapisan sahaja. Bahagian selatan dan barat laut menunjukkan keberintangan pasir dan kelikir serta air bawah

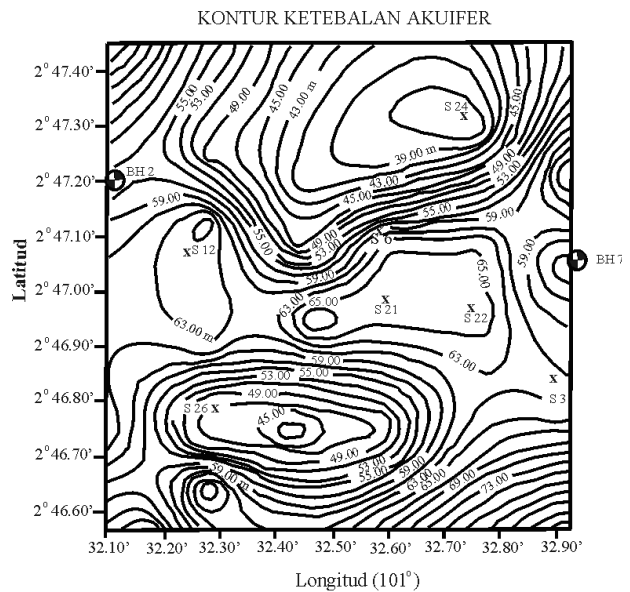
tanah yang berada di dalamnya paling tinggi manakala keberintangan lapisan ini adalah rendah di bahagian timur laut dan tenggara. Ini menunjukkan bahawa air bawah tanah bersifat lebih payau ke arah timur laut dan tenggara manakala air bawah tanah bersifat lebih segar ke arah selatan dan barat laut.

Ketebalan lapisan pasir dan kelikir pula didapati berada dalam julat 35 hingga 87m dan lapisan ini menunjukkan ketebalan maksimum di bahagian tenggara dan barat berdasarkan pembinaan peta kontur. Lapisan lempung pula menunjukkan nilai keberintangan di antara 10-170 Ωm dan ketebalan yang berkisar diantara 1 hingga 21m. Lapisan ini terendap di atas lapisan pasir. Peta ketebalan lapisan pasir dan kelikir ditunjukkan dalam Rajah 5. Lapisan pasir paling nipis terletak di bahagian timur laut kawasan kajian. Untuk melihat perubahan ketebalan dan kerintangan secara menegak, satu keratan rentas di sepanjang stesen-stesen pengukuran keberintangan menegak iaitu dari stesen 1 hingga 8 yang terletak di antara lubang gerudi 2 dan 7 telah dibina dan ditunjukkan dalam Rajah 6. Secara umum, keberintangan elektrik lapisan gambut permukaan berkisar dari 24 hingga 60 Ωm, manakala julat lapisan lempung bagi profil ini ialah 1 hingga 17 Ωm. Ketebalan lapisan lempung ini juga tidak seragam tetapi berubah dari 5 hingga 20 m. Lapisan pasir dan kelikir pula mempunyai ketebalan berkisar dari 40 hingga 60 m dan berjulat kerintangan dari 40 hingga 320 Ωm. Manakala

lapisan batu dasar metasedimen pula berada pada kedalaman 40 hingga 80 m dan berkerintangan dari 60 hingga 100 Ωm.



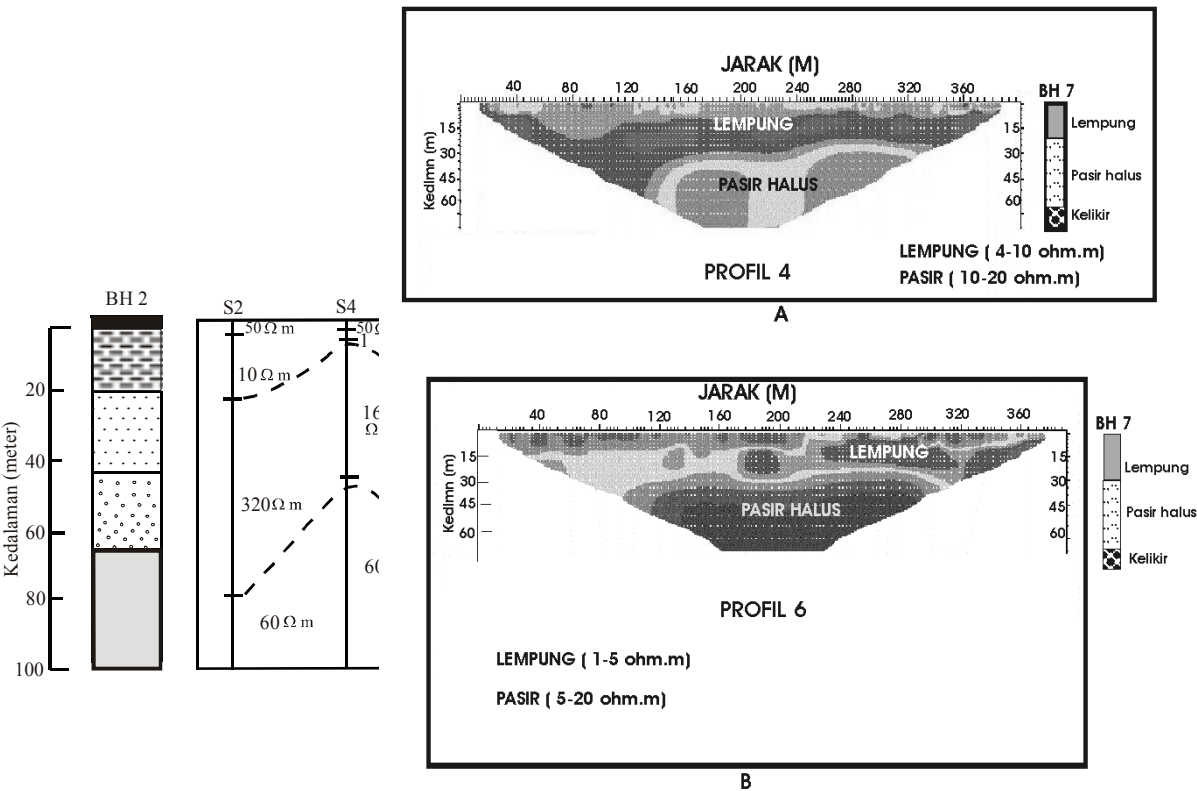
RAJAH 4. Peta kontur keberintangan lapisan akuifer pasir



RAJAH 5. Peta kontur ketebalan lapisan akuifer pasir

Garis survei pengimejan elektrik 2D bagi kesemua 8 profil terletak secara selari pada jarak 100 meter di antara satu sama lain. Profil tersebut terletak di antara lubang gerudi 2 dan 7. Oleh itu untuk mentafsirkan model keberintangan 2D yang diperolehi, keratan rentas 2D tersebut dibandingkan dengan lubang gerudi 2 dan 7 yang terletak paling hampir dengan garis survei tersebut. Secara umum, kebanyakan keratan rentas 2D menunjukkan pola nilai keberintangan berbentuk berlapis. Nilai keberintangan yang diukur adalah daripada 1 hingga 100 Ωm. Lapisan teratas, yang sepadan dengan lapisan lempung mempunyai julat keberintangan 1 hingga 5 Ωm manakala lapisan lempung berpasir yang terendap di bawahnya mempunyai julat keberintangan di antara 3 hingga 30 Ωm. Lapisan pasir dan kelikir yang terletak di bawah lempung berpasir mempunyai julat keberintangan 30 hingga 100 Ωm (Rajah 7). Nilai keberintangan yang diperolehi ini adalah sesuai dengan nilai keberintangan yang diperolehi dari survei keberintangan menegak. Oleh itu tafsiran yang boleh dibuat mengenai ketebalan dan jenis kandungan air bawah tanah adalah sama iaitu berjenis payau hingga segar. Keberintangan yang diukur walau bagaimana pun adalah lebih tinggi berbanding dengan yang dilaporkan oleh Hamzah et al. (2006) iaitu berjulat diantara 1 - 60 Ωm. Diantara faktor yang mempengaruhi perbezaan nilai kerintangan ini

RAJAH 6. Profil keberintangan dan tafsiran litologi di antara BH2 dan BH7



RAJAH 7. Model kerintangan 2D bagi profil 4 dan 6

ialah keadaan cuaca semasa pengukuran. Nilai keberintangan yang diukur biasanya akan lebih rendah pada keadaan cuaca yang lembab dan hujan manakala nilai pembacaan akan lebih tinggi pada musim panas dan kemarau.

KESIMPULAN

Kajian keberintangan geoelektrik menegak dan pengimejan

elektrik secara 2D telah dapat memberikan gambaran taburan ketebalan dan keberintangan lapisan akuifer pasir dan kelikir yang terdapat di kawasan kajian disamping lapisan lempung yang menindih lapisan akuifer ini. Nilai keberintangan yang diukur menunjukkan lapisan akuifer mengandungi air bawah tanah jenis payau hingga segar. Akuifer ini mengandungi air jenis payau terutama di bahagian timur laut dan tenggara manakala ianya bersifat lebih segar di bahagian selatan dan barat laut. Hasil kajian juga tidak memberikan sebarang

bukti tentang berlakunya intrusi air masin. Ada kemungkinan air bawah tanah yang payau tersebut berasal daripada sisa-sisa air laut yang tertinggal dalam sistem akuifer yang tidak dapat dikeluarkan sepenuhnya ketika berlaku penurunan paras laut daripada zaman Plestosen hingga pada hari ini. Faktor lain yang boleh dikaitkan dengan kewujudan air payau dalam akuifer ialah proses infiltrasi air sungai yang dimasuki air laut ketika berlakunya proses pasang-surut. Keadaan ini boleh berlaku pada akuifer yang terletak berhampiran dengan muara sungai. Pada amnya, nilai keberintangan yang diperolehi dari survei duga-dalam kerintangan tidak dapat mencirikan litologi secara tepat. Berdasarkan perbandingan stesen-stesen S1 hingga S8 dengan lubang gerudi BH2 dan BH7, nilai kerintangan lempung adalah daripada 1 hingga 17 Ωm , manakala keberintangan yang dicerap mewakili endapan pasir-kelikir adalah dalam julat 50 hingga 320 Ωm . Keberintangan metasedimen berkisar daripada 60 hingga 200 Ωm .

RUJUKAN

- Abdul Kahar Embi. 2000. Kajian geologi sub-permukaan menggunakan teknik Seismik pembiasan dan pengimejan geoelektrik 2D di cadangan lebuhraya Kuala Kangsar fasa 2. *Seminar Penggunaan Geofizik dalam Kajian Geoteknik*. Jabatan Mineral dan Geosains, Ipoh, Perak.
- Dam, J.C.1992. Problems of lowland development. *Prosiding seminar ILT*. ms 1-17.
- Keller, G.V & Frischhnecht, F.C. 1966. *Electrical methods in Geophysical Prospecting*. Oxford: Pergamon Press. 517p.
- Loke, M.H. 1997. Electrical imaging surveys for environment and engineering Studies. *Nota khusus pengimejan elektrik*. Pusat Pengajian Sains Fizik, USM.
- Loke, M.H. & Barker, R.D. 1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosection using a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* 44:131-152.
- Nawawi, M.N.M, Harith, Z.Z.T, Ayub, M.S., Ibrahim, A.N. & Alponse, A. 2001. Modeling of an underground aquifer using 2-D electrical imaging technique in Brooklands Plantation, Selangor, Malaysia. *Proceedings of the 2nd Int. Symp. of Geophysics, Egypt*, 293-297.
- Todd, D.K.1974. Saltwater and its control. *Journal of American Water Association* 66(3): 20-26.
- Hamzah, U., Yaccup, R., Samsudin, A.R. & Ayub, M.S. 2006. Electrical imaging of the groundwater aquifer at Banting, Selangor, Malaysia. *Environmental Geology* 49(8): 1156-1162.

Program Geologi
Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor
MALAYSIA

