

## Kajian Migrasi Bahan Larut Resap di Tapak Pelupusan Sampah Sungai Sedu, Telok Datuk dengan Kaedah Geofizik dan Geokimia

(Study of Leachate Migration at Sungai Sedu, Telok Datuk Waste Disposal Site by Geophysical and Geochemical Methods)

MARK JEEVA & UMAR HAMZAH\*

### ABSTRAK

*Pemantauan air dan tanah tercemar di sekitar tapak pelupusan sampah selalunya dilakukan dengan analisis kimia air permukaan, bahan larut resap dan tanah serta pengukuran geofizik. Air larut resap merupakan cecair yang berasal daripada hasil larutan air hujan terhadap sisa-sisa buangan di tapak pelupusan, yang terkumpul dan meresap masuk ke dalam liang-liang tanah. Satu kajian untuk mengesan pergerakan cecair larut resap telah dilakukan di tapak pelupusan sampah Sungai Sedu yang terletak atas tanah seluas 10 ekar berhampiran pekan Banting. Geologi kawasan kajian dibahagikan kepada formasi Beruas dan Gula iaitu aluvium berusia Kuaterner terdiri daripada lempung samudera yang terendap di atas batuan dasar metasedimen Formasi Bukit Kenny. Survei geofizik dengan teknik pengimejan keberintangan geoelektrik 2D, keberintangan profil menegak (VRP) dan analisis geokimia terhadap sampel tanah dan air telah dijalankan untuk mengetahui tahap migrasi bahan larut resap di sekitar tapak pelupusan tersebut. Tahap migrasi bahan pencemaran akan dikaji melalui hasil analisis seperti nilai model keberintangan elektrik dan kepekatan logam berat berbanding dengan nilai latar belakang. Dalam kajian ini, survei pengimejan elektrik 2D telah dilakukan di sepanjang 8 garis rentasan dan pengukuran VRP telah dilakukan di dalam 6 lubang gerudi. Analisis geokimia untuk mengetahui kepekatan unsur-unsur tertentu telah dilakukan ke atas 33 sampel tanah dan 7 sampel air. Keratan rentas keberintangan menunjukkan bahawa bahan larut resap telah meresap sehingga kedalaman 3-5 m berdasarkan nilai keberintangan elektrik yang rendah secara relatif iaitu kurang daripada 1 ohm m. Kepekatan unsur-unsur yang disukat pula menunjukkan bahan larut resap telah bergerak ke arah sungai yang terletak di sebelah kawasan kajian. Kepekatan logam berat dalam sampel-sampel air sungai dan tanah adalah tinggi dan melebihi nilai latar belakang terutama bagi unsur Ni, Mn, Cr, Zn dan As. Konduktiviti elektrik sampel tanah tebing sungai, air sungai dan air larut resap yang diukur di lapangan adalah masing-masing 6600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dan 20000-50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  manakala julat pH bagi semua sampel tersebut adalah di antara 3-5. Nilai konduktiviti dan kepekatan logam berat yang tinggi membuktikan bahawa bahan larut resap telah bergerak dari tapak pelupusan untuk mencemari air sungai, air tanah dan tanah di kawasan sekitar.*

*Kata kunci: Analisis geokimia; migrasi air larut resap; pengimejan elektrik 2D; tapak pelupusan sampah.*

### ABSTRACT

*Monitoring of contaminated water and soil in waste disposal sites is normally carried out by chemical analysis of surface water, leachate and soils as well as by geophysical measurements. Leachate is defined as any contaminated liquid or wastewater generated from rain water percolating through solid waste materials, accumulating contaminants, and moving into subsurface and surrounding areas. A study was carried out to detect the leachate movement at Sungai Sedu landfill located on ten square acres near Banting town. Geologically, the study area is underlined by Holocene marine clay of Gula and Beruas formations sitting on top of metasedimentary rocks of Kenny Hill Formation. Geophysical surveys using techniques 2D electrical resistivity imaging, vertical resistivity profiling (VRP) as well as geochemical analysis on soil and water samples were used in this study to investigate the level of leachate migration from the dumping spot into the surrounding areas. This was based on characterizing the measured electrical resistivities and analyzing the heavy metal concentrations. The 2D electrical imaging surveys were carried out on 8 profiles while the VRP surveys were conducted in 6 boreholes. Based on resistivity imaging sections, the leachate was detected to migrate at about 3-5 m depth. Basically the electrical resistivity of leachate was less than 1 ohm m. The concentration of heavy metals also showed that the leachate has migrated into the nearby river. The concentration of heavy metals in river bank soil, leachate and surface water samples were high and exceeded the background values especially Ni, Mn, Zn, Cr and As. The electrical conductivity of the river bank soil, leachate, surface water and the surrounding soil samples were approximately 6600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and 20000-50000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectively with pH values of 3-5. The high concentrations of heavy metals and soil conductivities indicated the possibility of leachate migration from the dumping site to contaminate the nearby river, soil and groundwater of the study area.*

*Keywords: 2D resistivity imaging; geochemical analysis; leachate migration; waste disposal site*

## PENDAHULUAN

Keller (2000) menyatakan bahawa masalah utama yang timbul daripada pertambahan penduduk adalah penghasilan sisa pepejal domestik dan sampah sarap berpunca daripada aktiviti manusia. Masalah ini akan meningkat dan menghasilkan impak terhadap pencemaran tanah dan air bawah tanah yang juga memberikan kesan tidak baik terhadap manusia. Negara membangun biasanya tidak mempunyai sistem yang cekap dan mesra alam untuk menangani masalah pelupusan sampah dimana sampah akan dibuang di tapak pelupusan terbuka atau ke dalam sungai berhampiran untuk menjimatkan kos. Oleh itu, kajian amat perlu untuk mengetahui tahap pencemaran di kawasan sekitar tapak pembuangan sampah tersebut. Banyak kajian telah dijalankan di luar dan dalam negara ke atas sampel tanah dan air tercemar tersebut. Pensampelan dibuat di bahagian permukaan dan juga dalam lubang gerudi. Selain daripada pengukuran secara langsung terhadap sampel tanah dan air, survei geofizik juga boleh dilakukan untuk mengkaji tahap pencemaran. Kehadiran bahan tercemar seperti bahan larut resap akan mengubah sifat fizik tanah dan air tanah di sesuatu kawasan kajian. Oleh itu kehadiran bahan tercemar akan dapat dicirikan berdasarkan pengukuran sifat fizik yang dilakukan secara tidak langsung (Martinho & Almeida 2006). Penentuan kepekatan logam berat boleh juga dijadikan kayu ukur untuk melihat kehadiran bahan tercemar melalui analisis geokimia (Abdullahi et al. 2010). Tanpa bahan tercemar, beberapa logam berat hanya wujud dalam jumlah yang sedikit atau tidak melebihi paras latar belakang dalam tanah dan air tanah. Oleh itu kepekatan beberapa logam berat boleh dijadikan kriteria penting untuk menentukan tahap pencemaran. Di samping itu, kehadiran beberapa logam berat juga boleh dikaji untuk melihat tahap ketoksikan oleh pencemaran.

Kaedah pengimejan keberintangan elektrik 2D adalah satu teknik survei geofizik untuk menyiasat ciri keberintangan elektrik tanah dan air di sekitar profil yang dikaji. Dalam kajian ini, arus terus dialirkan ke dalam bumi melalui sepasang elektrod dan keupayaan yang dihasilkan oleh pengaliran arus tersebut yang dipengaruhi oleh bahan bumi yang dilaluinya akan disukat oleh elektrod yang lain. Keupayaan ini digunakan untuk menghitung keberintangan ketara yang digunapakai dalam pemodelan songsang untuk menghasilkan model keberintangan sebenar bahan bumi yang dikaji (Loke et al. 2003). Frid et al. (2008) menggunakan teknik ini dalam kajian pencemaran air bawah tanah di beberapa tapak pembuangan sampah di Rusia. Karlik dan Kaya (2001), Batayneh dan Barjous (2005) telah menggunakan teknik yang sama dalam kajian tapak pelupusan di Rusia dan Jordan. Teknik pengimejan keberintangan elektrik ini sesuai untuk pencirian bahan tercemar di tapak pelupusan kerana keberintangan bahan larut resap adalah sangat rendah oleh kehadiran banyak ion-ion terlarut untuk mengalirkan arus elektrik berbanding dengan keberintangan tanah tidak tercemar yang kurang mengandungi ion-ion (Aristodemou & Thomas-Betts

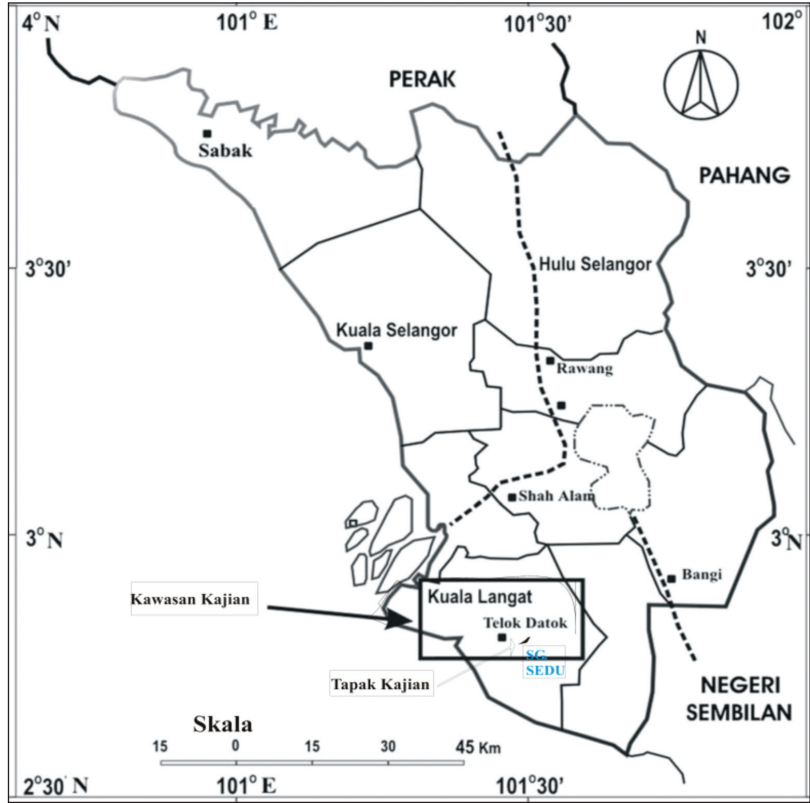
2000). Kaedah ini juga telah digunakan secara meluas dan dikembangkan kepada 3D (Cadarelli & Fischanger 2006). Kaedah pengimejan keberintangan elektrik juga telah digunakan untuk memperolehi data dalam kajian pencemaran air bawah tanah di sekitar tapak pelupusan sampah di Seri Petaling Malaysia (Mukhtar et al. 2000), di Nigeria (Osazuwa & Abdullahi 2008) dan di Brazil seperti yang dilaporkan oleh Porsani et al. (2004).

Teknik geofizik dan analisis geokimia digunakan untuk menyiasat sejauh mana air larut resap telah bergerak ke kawasan sekitar. Tahap pencemaran dan arah pergerakan dapat ditentukan berdasarkan kualiti tanah, air permukaan, air bawah tanah dan air larut resap. Tapak pelupusan ini dibatasi oleh garis lintang  $2^{\circ} 50' U$  dan membujur  $101^{\circ} 31' T$  (Rajah 1). Tapak pembuangan sampah terbuka ini berada dalam kampung kecil yang terletak di sebelah jalan raya utama yang menghubungkan bandar Klang–Banting iaitu di sekitar 10 km dari pekan Banting. Tapak pelupusan ini mula beroperasi pada tahun 1989 dan ditutup sementara sebelum kembali beroperasi di bawah syarikat Alam Flora Sdn. Bhd. pada tahun 2000. Tapak pelupusan ini terletak di atas tanah seluas 10 ekar dan terletak berhampiran dengan Sungai Langat serta dikelilingi oleh ladang kelapa sawit. Tapak ini berada di atas lapisan aluvium berusia Kuartern yang terdiri daripada lempung dan lodak Formasi Gula dan Beruas terendap di atas batuan Formasi Bukit Kenny yang berusia karbon. Formasi ini dibentuk oleh batuan metasedimen terdiri daripada syal, filit, syis berkarbon, argilit dan batu pasir (Rajah 2).

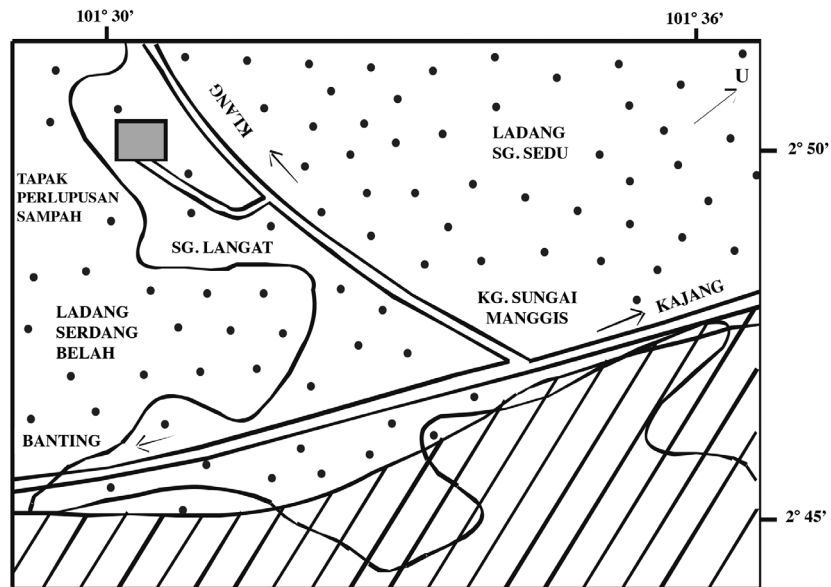
## METODOLOGI

Survei keberintangan elektrik telah dilakukan di sepanjang 8 garis rentasan manakala analisis geokimia telah dilakukan terhadap 33 sampel tanah dan 3 sampel air sungai. VRP telah dilakukan dalam enam lubang gerudi sehingga kedalaman 1.2 m (Rajah 3). Sampel tanah diambil menggunakan auger tangan sehingga kedalaman 1.2 m. Sampel dikering menggunakan ketuhar gelombang mikro dan diayak serta dilakukan pencernaan berasid untuk analisis kandungan logam berat. Sampel air permukaan dianalisis secara langsung untuk penentuan kandungan logam berat. Alat pengukuran kepekatan HACH digunakan untuk pengukuran kandungan anion-anion sulfat, nitrat, dan ammonia. Bacaan piawai untuk kandungan logam berat sampel tanah dirujuk daripada Omar & Reyad (2006) dan piawai untuk air permukaan dan air larut resap didapati daripada Kementerian Kesihatan Malaysia (2000).

Survei geofizik dilakukan dengan alat ABEM SAS 1000 untuk menghantar arus dan mengukur keupayaan serta menyimpan data manakala alat ES464 digunakan untuk memilih empat elektrod aktif dari keseluruhan 41 elektrod untuk setiap pengukuran (Hamzah et al. 2007). Jarak antara elektrod yang digunakan ialah daripada 1 m hingga 5m bergantung kepada kedalaman sasaran. Alat pengukuran boleh ditentukan untuk memilih susun atur elektrod yang diperlukan dalam setiap survei. Dalam



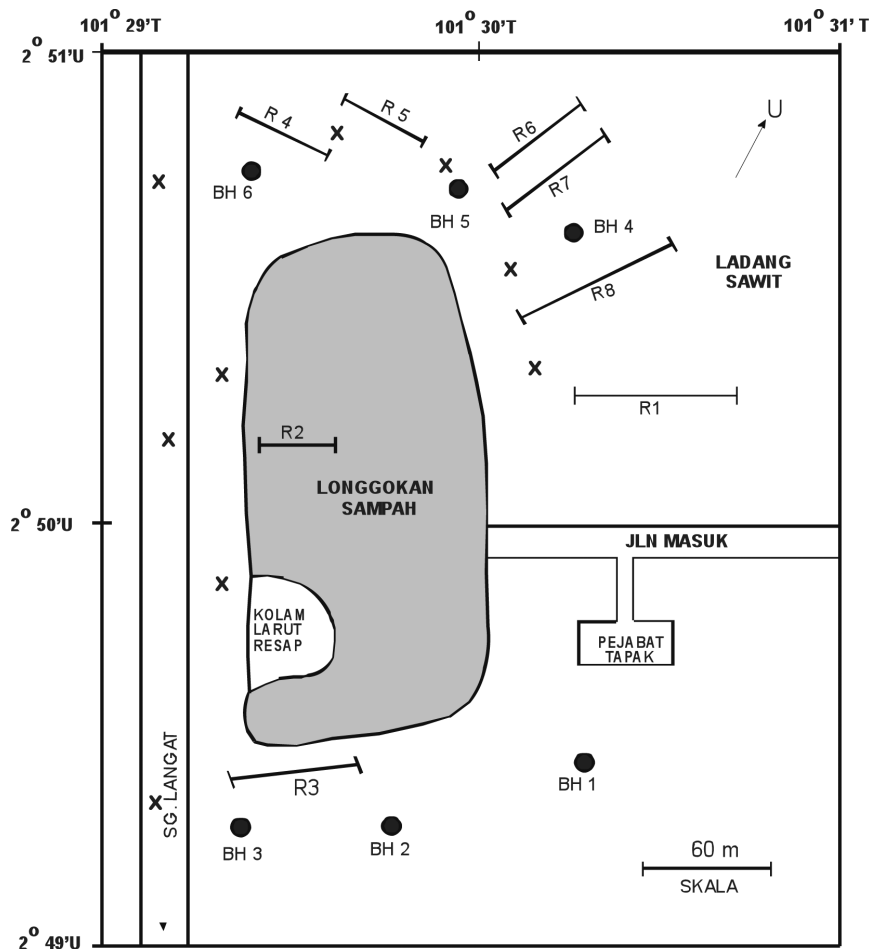
RAJAH 1. Peta Selangor menunjukkan lokasi kawasan kajian



PETUNJUK

	JALAN
	SUNGAI
	FORMASI GULA
	FORMASI BERUAS

RAJAH 2. Peta geologi kawasan kajian



## PETUNJUK

X	LOKALITI PENSAMPELAN TANAH DAN AIR
BH 1	LUBANG GERUDI & UJIAN VRP
— —	GARIS SURVEI KEBERINTANGAN

RAJAH 3. Lokasi garis survey pengimejan elektrik, pensampelan dan lubang gerudi

kajian ini, keberintangan diukur menggunakan susun atur Schlumberger di mana jarak elektrod arus adalah 5 kali ganda lebih panjang dari jarak elektrod keupayaan. Susun atur ini mempunyai kelebihan untuk menghasilkan data yang sensitif terhadap perubahan keberintangan secara sisi. Sistem kawalan berkomputer alat ES464 (Dahlin & Zhou 2002) digunakan untuk memilih empat elektrod aktif secara berterusan daripada elektrod 1 hingga 41. Dua elektrod digunakan untuk memasukkan arus ke dalam tanah manakala dua lagi digunakan untuk mengukur keupayaan. Sistem kawalan automatik juga digunakan untuk menambah jarak antara elektrod semasa pengukuran. Bagi jarak elektrod sejauh 1 m, panjang maksimum elektrod arus ialah di sekitar 40 m untuk memberikan kedalaman maksimum maklumat yang akan diperolehi sedalam 8-10 m iaitu seperempat atau seperlima daripada jumlah panjang elektrod yang digunakan (Hamzah et al. 2006). Semua data

disimpan dalam alat ABEM SAS 1000 dan akan diformat semula untuk digunakan sebagai input bagi perisian RES2DINV untuk pemodelan songsang. Keberintangan ketara yang di ukur di lapangan diguna sebagai input bagi pemodelan songsang untuk menghasilkan keberintangan sebenar. Profil bawah garis rentasan survei akan dibahagi-bahagikan kepada kotak-kotak kiub sama saiz yang kecil secara berkomputer menggunakan teknik unsur terhingga. Kiub-kiub kecil tersebut kemudian diberikan nilai-nilai keberintangan yang dianggarkan melalui pemodelan langsung (forward modeling). Nilai-nilai keberintangan setiap kiub akan dibandingkan dengan nilai keberintangan yang diukur di lapangan dan nilai keberintangan asal akan diubah suai sehingga menghampiri nilai keberintangan yang dicerap di lapangan. Perbezaan kedua-dua nilai ditentukan dengan meminimumkan ralat kuasa dua min (RMS). Nilai RMS yang rendah daripada 10% dianggap

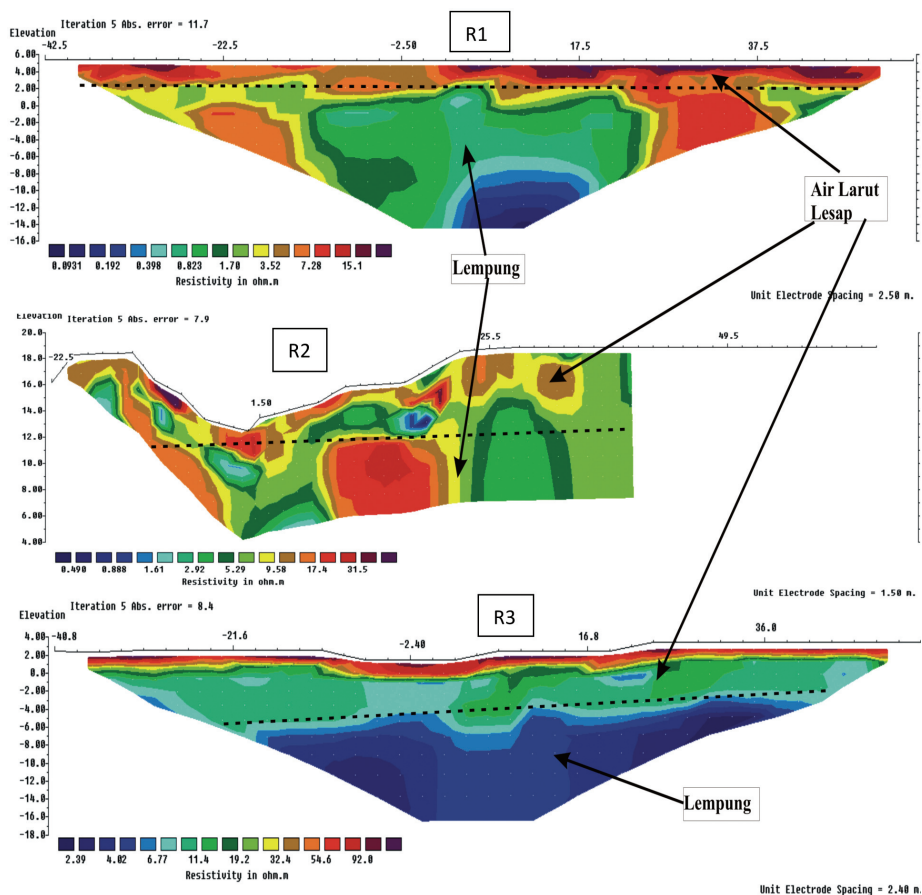
boleh mewakili keberintangan sebenar bahan geologi yang dikaji (Loke et al. 2003). Imej keberintangan 2D ini boleh digunakan untuk mengenal pasti, menggambarkan dan memetakan bahan cemar, zon vados dan jenis litologi (Dawson et al. 2002).

Pengprofilan keberintangan menegak (VRP) dilakukan pada setiap lubang gerudi dengan memasukkan satu paip PVC bergaris pusat 5 mm yang dipasangkan empat elektrod mini tembaga bergaris pusat 2.5 mm dan panjang 3 cm. Jarak di antara elektrod ditetapkan pada 2.5 cm dan bacaan dilakukan secara berterusan di setiap kedalaman 5 cm bermula dari permukaan hingga kedalaman maksimum 1.5 m. Elektrod mini tersebut disambungkan kepada Terrameter ABEM SAS 300C untuk membaca nilai rintangan. Nilai rintangan ini digunakan untuk memperoleh keberintangan tanah di sekitar elektrod dan seterusnya profil keberintangan secara menegak bagi setiap lubang gerudi diplot untuk dianalisis.

#### HASIL & PERBINCANGAN

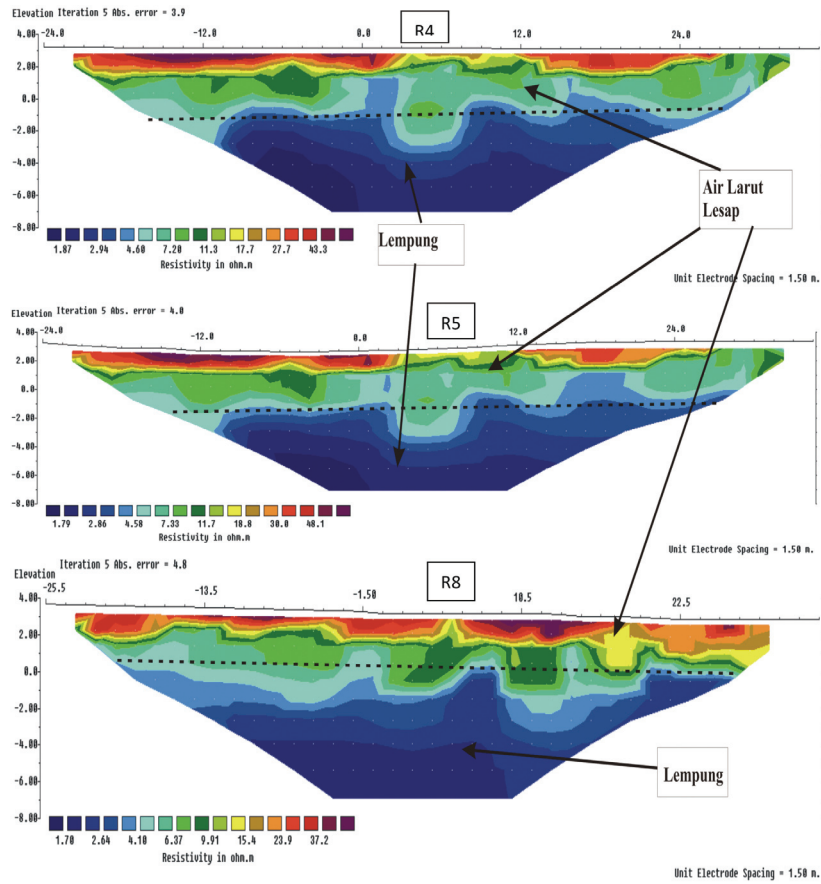
Sejumlah 8 imej keberintangan telah diperolehi mewakili bahagian tepi, tengah dan luar tapak pelupusan berhampiran dengan tebing sungai dan dalam ladang kelapa sawit. Survei dibuat di kawasan berbeza untuk membandingkan julat keberintangan kawasan tercemar dan tidak tercemar.

Rajah 4 hingga 6 menunjukkan imej model keberintangan elektrik 2D yang diperolehi. Imej tersebut menunjukkan julat keberintangan di sepanjang profil rentasan sehingga kedalaman 18-20 m. Julat keberintangan berkisar daripada 0.5  $\Omega$  m sehingga 100.0  $\Omega$  m. Pada amnya, kesemua imej 2D menunjukkan kehadiran 3 zon utama iaitu zon keberintangan tinggi di bahagian permukaan hingga pada kedalaman 2 m ber julat 50-100  $\Omega$  m. Keberintangan ini ditafsirkan mewakili sampah atau pun sampah yang ditimbus dengan tanah penutup. Zon keberintangan tinggi ini juga ditafsirkan sebagai tanah penutup longgar atau lempung kering. Zon kedua terletak di bawah zon pertama dengan julat keberintangan di sekitar 5-20  $\Omega$  m pada kedalaman antara 2-4 m. Zon ini mewakili lempung dan lodak serta pasir halus yang mengandungi banyak bahan larut resap di sekitar tapak pelupusan. Berdasarkan imej keberintangan, tidak ada plum yang mungkin dilihat sebagai tanda kehadiran bahan larut resap. Oleh itu, tidak dapat dipastikan sama ada ia berada dalam lempung berlodak di bahagian ladang sawit berhampiran tapak pelupusan sampah. Plum-plum bahan larut resap berkeberintangan 0.5-3  $\Omega$  m dapat dilihat dengan jelas pada profil merentasi tapak sampah ke arah sungai (Rajah 4). Nilai keberintangan yang rendah mungkin disebabkan oleh faktor intrusi air sungai ke arah tapak pelupusan terutama pada ketika air pasang. Plum-plum yang sama

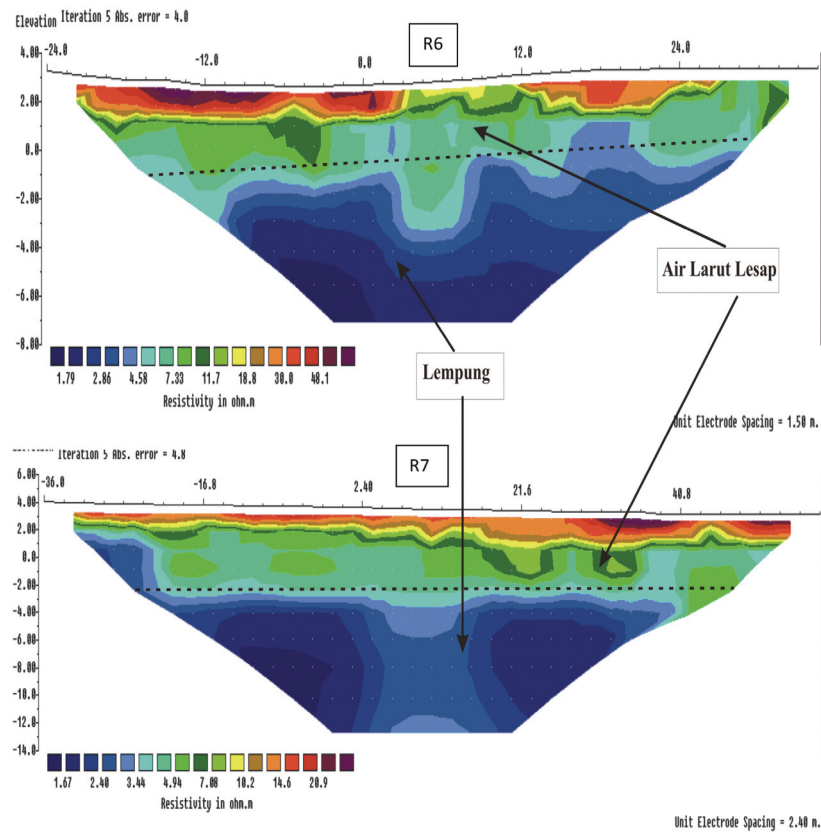


RAJAH 4. Imej keberintangan elektrik 2D profil 1, 2 dan 3





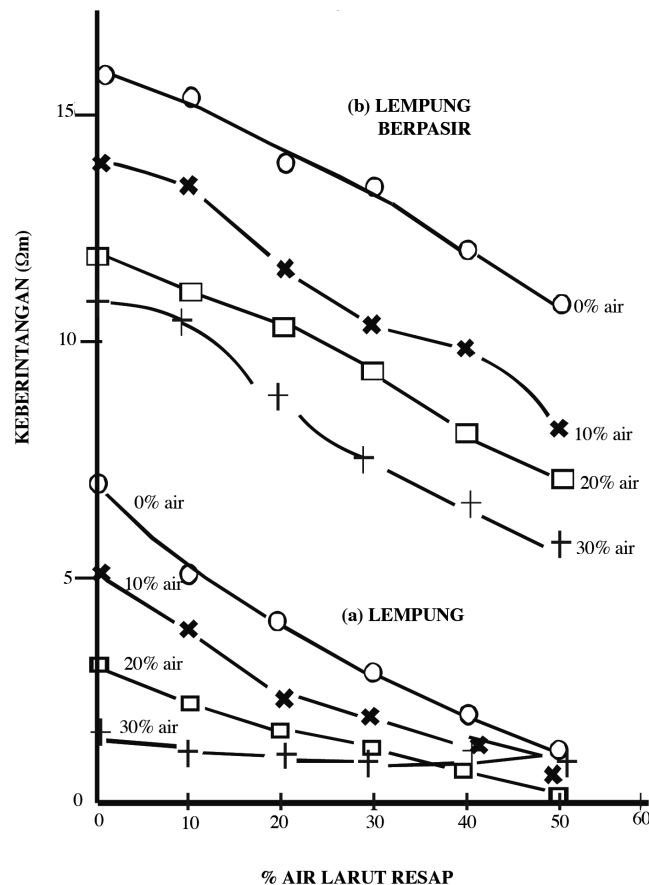
RAJAH 5. Imej keberintangan elektrik 2D profil 4, 5 dan 6



RAJAH 6. Imej keberintangan elektrik 2D profil 7 dan 8

dapat juga diperhatikan dalam imej keberintangan profil merentasi tapak sampah ke arah ladang sawit (Rajah 5). Pada keratan ini plum larut resap bernilai agak besar iaitu 5 hingga 9  $\Omega$  m. Zon ketiga pada semua imej keberintangan mewakili kedalaman melebihi 4-5 m yang ditafsirkan sebagai lempung samudera berkeberintangan 3  $\Omega$  m. Oleh sebab bahan larut resap tidak mungkin masuk ke kawasan melebihi kedalaman 4-6 m, keberintangan ini ditafsir hanya mewakili lempung atau lempung berlodak serta pasir berkelikir hingga kedalaman 18 m berdasarkan data lubang gerudi. Zon ketiga tidak dapat dikesan pada imej keberintangan yang mewakili bahagian tengah tapak pembuangan sampah iaitu di puncak bukit yang terdiri dari sampah dan tanah penutup yang dipadatkan untuk memberikan nilai keberintangan tinggi sehingga hampir 50  $\Omega$  m (Rajah 4). Rajah 4(a) juga menunjukkan ketebalan sampah yang mencapai hingga 5 m dan bahan larut resap mungkin telah masuk hingga kedalaman 3-5 m. Secara keseluruhan, julat keberintangan elektrik 4-7  $\Omega$  m mewakili lempung bercampur air larut resap bagi profil di luar tapak pelupusan dan di tapak pelupusan ke arah tebing Sungai Langat. Julat keberintangan lempung berair larut resap 9-12  $\Omega$  m dicatatkan di atas tapak pelupusan sampah. Profil-profil keberintangan yang dilakukan di atas kawasan sampah (R2) dan ke arah tebing sungai iaitu R1 dan R3 (Rajah 4) menunjukkan kedalaman penyusupan bahan larut resap adalah dalam julat 3-5 m dan kedalaman sampah sekitar 5 m. Profil-profil mewakili kawasan ladang kelapa

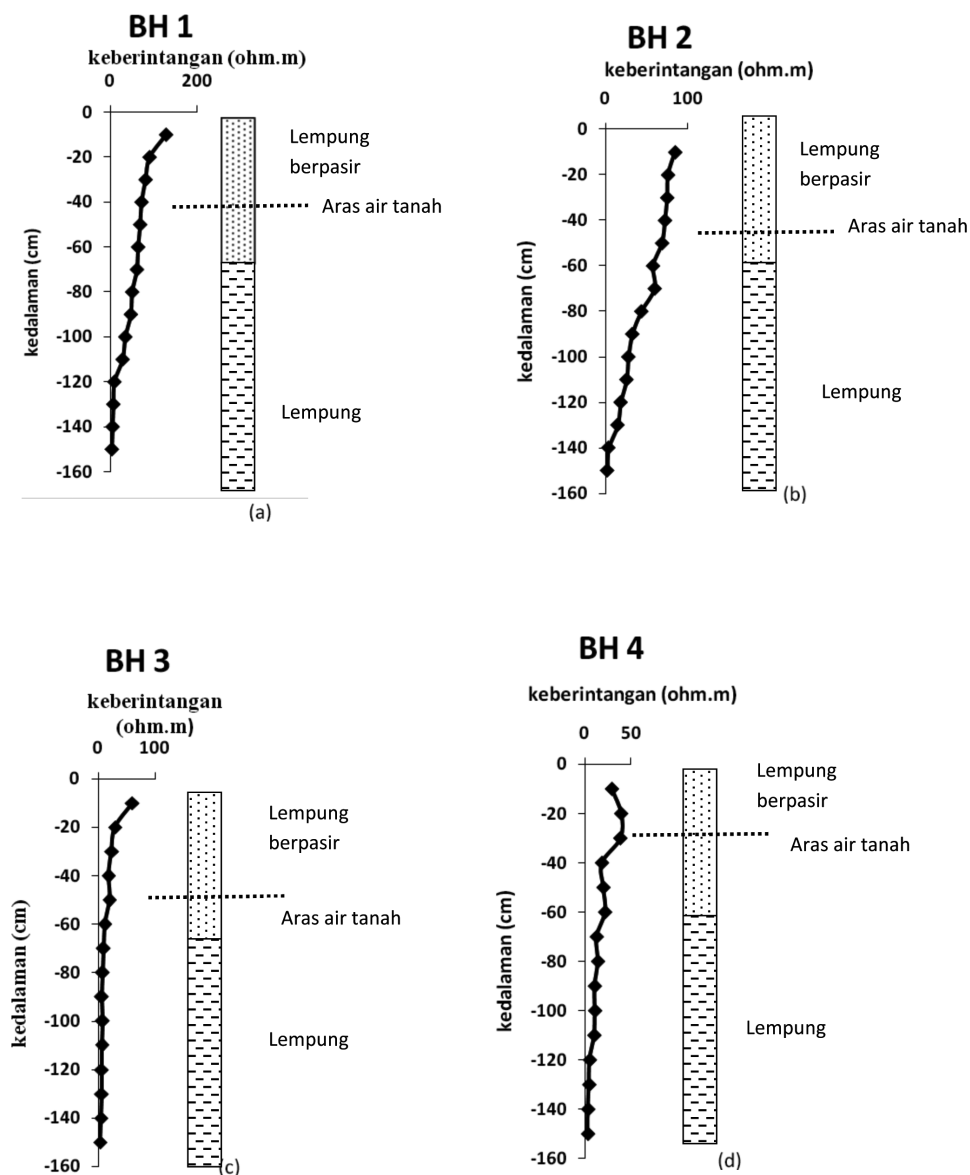
sawit menghalu ke tebing Sungai Langat iaitu R4, R5 dan R8 (Rajah 5), menunjukkan penyusupan bahan larut resap hanya mencapai kedalaman 2-4 m. Pengimejan elektrik merentasi tepi tapak pelupusan ke arah ladang kelapa sawit iaitu R6 dan R7 (Rajah 6), menunjukkan bahawa bahan larut resap telah meresap masuk hingga kedalaman 2-4 m. Kedalaman maksimum profil mencapai 12 m dan 20 m. Profil pengimejan mewakili luar tapak pelupusan ke arah sungai mempunyai nilai keberintangan terendah 0.1  $\Omega$  m yang ditafsirkan mewakili lempung atau lodak berair masin. Arah pergerakan bahan larut resap dapat ditafsir melalui pola imej keberintangan yang diperolehi. Pada umumnya, didapati pergerakan bahan larut resap adalah pada arah selatan-barat laut iaitu selari dengan arah aliran Sungai Langat. Nilai keberintangan lempung dan lodak serta pasir yang diresapi oleh air larut resap berdasarkan semua 8 imej keberintangan yang diperolehi ialah di sekitar 1 hingga 12  $\Omega$  m iaitu menyamai nilai keberintangan bahan yang sama yang diukur di makmal (Bahaa 2005). Lengkung-lengkung ujian pengukuran di makmal pada kadar kelembapan yang berbeza 10-30% dengan menggunakan media seperti lempung dan lempung berpasir ditunjukkan dalam Rajah 7. Lengkung menunjukkan tren negatif dengan pertambahan bahan larut resap dan mencapai takat paling minimum pada kadar percampuran 50% bahan larut resap iaitu 0.5-1  $\Omega$  m (Frid et al. 2008).



RAJAH 7. Keberintangan bahan larut resap dalam lempung dan pasir hasil uji kaji makmal

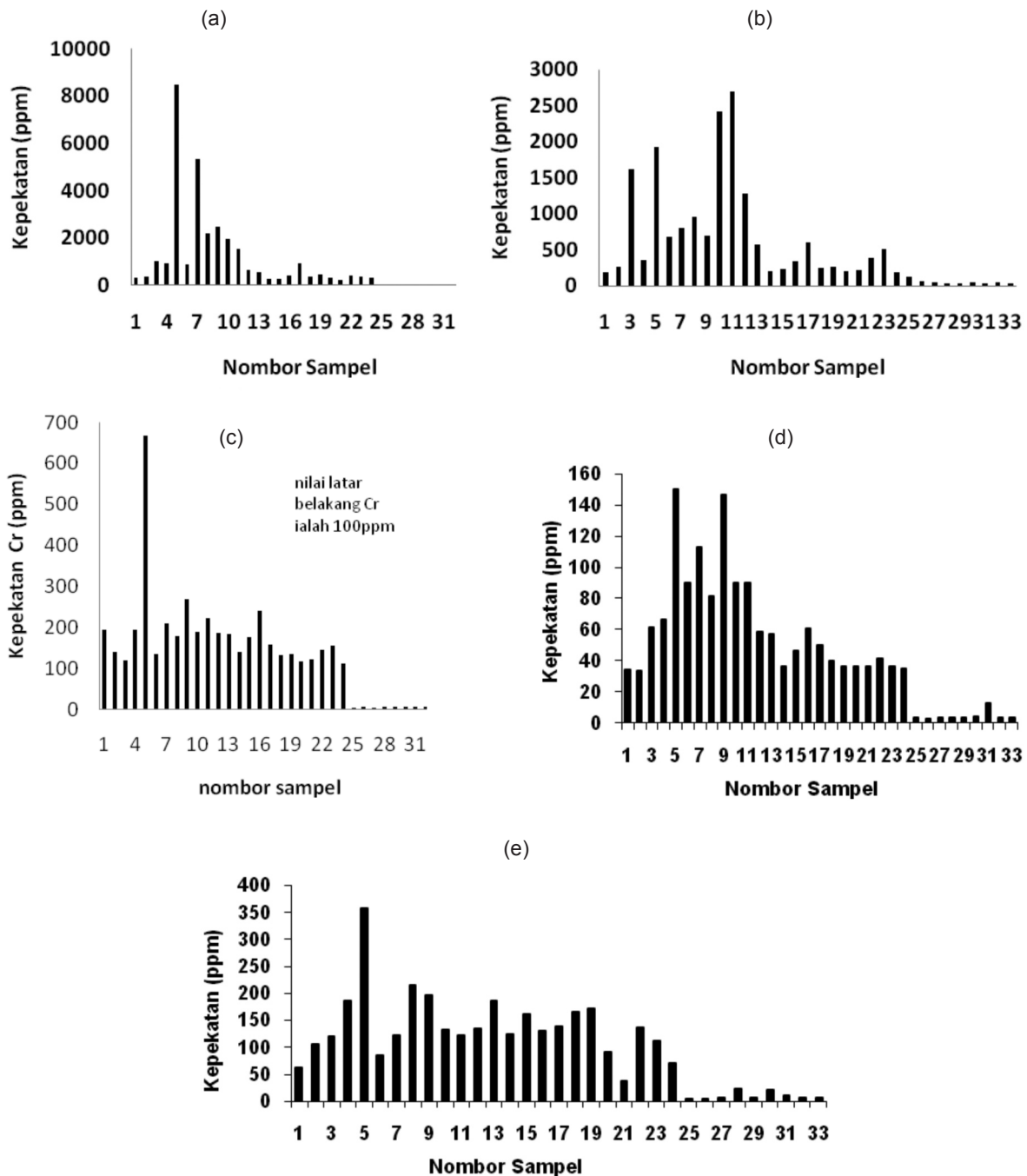
Rajah 8 menunjukkan profil keberintangan menegak yang telah diukur pada setiap lubang gerudi di kawasan kajian. Bacaan diambil dari permukaan sehingga kedalaman 1.5 m yang merupakan paras air bawah tanah hampir permukaan. Profil keberintangan menunjukkan pola yang hampir sama bagi setiap lubang gerudi dimana julat keberintangan berkisar daripada 1 hingga 200  $\Omega$  m. Tren keseluruhan menunjukkan nilai keberintangan yang makin berkurang dengan kedalaman. Fenomena ini dikaitkan dengan tanah yang di serapi bahan pencemar dan juga tepu dengan air tanah. Selain daripada itu faktor tekstur tanah penutup yang longgar dan kering juga menyebabkan bahan permukaan mempunyai nilai keberintangan yang tinggi. Bahagian profil tanah yang lebih dalam biasanya tepu dengan air hingga mengurangkan nilai keberintangan. Keberintangan akan lebih berkurangan lagi dengan kewujudan bahan larut resap yang kaya dengan ion-ion untuk memudahkan pengaliran arus elektrik.

Kepekatan beberapa unsur logam berat yang dicerap daripada sampel-sampel tanah didapati lebih tinggi daripada nilai kepekatan latar belakang. Rajah 9 menunjukkan plot julat kepekatan unsur-unsur seperti Ni, As, Mn, Zn dan Cr. Nilai kepekatan latar belakang unsur-unsur tersebut dalam tanah adalah 20 ppm, 40 ppm, 500 ppm, 300 ppm dan 100 ppm. Kesemua unsur-unsur tersebut mempunyai kepekatan melebihi nilai kepekatan latar belakang bagi sampel 1 hingga 24. Manakala bagi sampel-sampel 25 hingga 33 yang diambil dari luar tapak pelupusan, unsur-unsur Ni dan As sahaja yang melebihi nilai kepekatan latar belakang. Nilai kepekatan logam berat yang tinggi dalam sampel-sampel tanah dan air memberikan implikasi bahawa ia telah dicemari oleh bahan larut resap yang berasal dari tapak pelupusan. Oleh sebab pada lazimnya, kepekatan logam berat dalam lempung dan lodak adalah kecil, ini menunjukkan bahawa kehadiran unsur-unsur Ni, As, Mn, Zn dan Cr dengan kepekatan



RAJAH 8. Lengkung keberintangan menegak diukur dalam lubang gerudi

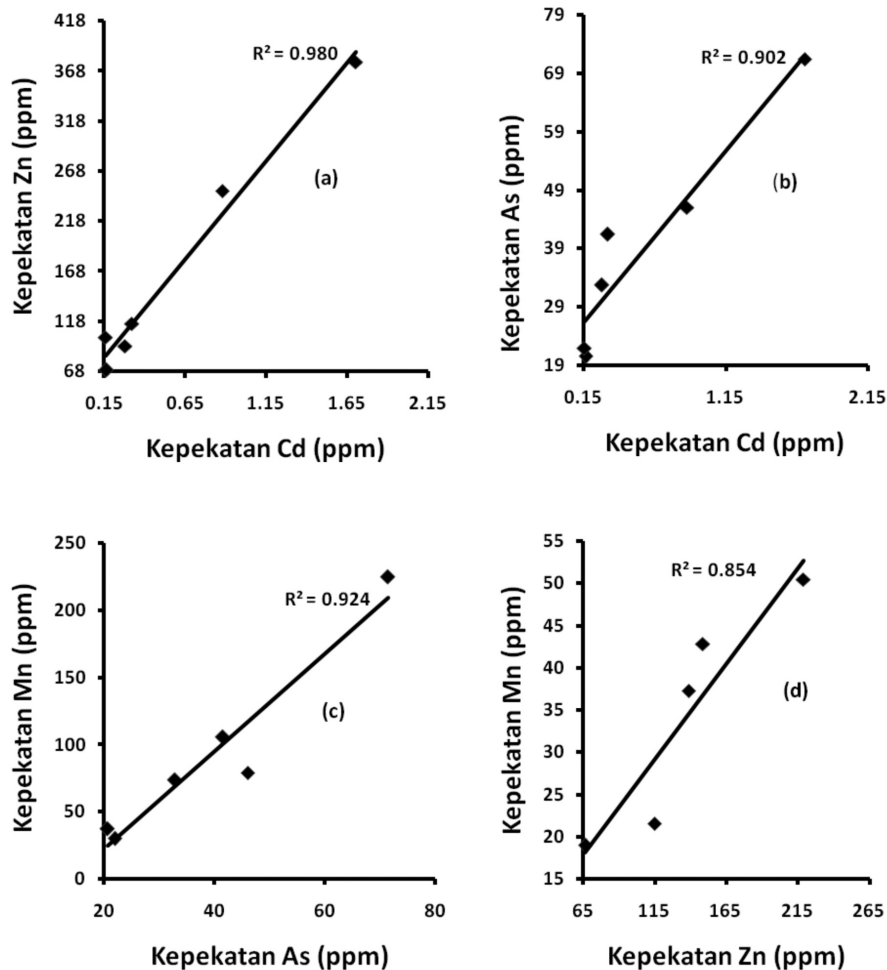




RAJAH 9. Plot carta bar kepekatan beberapa logam berat

yang agak tinggi ditafsirkan sebagai berasal daripada sisa-sisa bahan buangan di tapak pelupusan. Pencemaran unsur-unsur logam berat dalam tanah dan air sungai oleh As, Mn, Zn dan Cr ditafsirkan berdasarkan nilai korelasi signifikan ( $p < 0.05$ ) di antara keempat-empat unsur tersebut dengan dengan Cd (Rajah 10). Kandungan logam berat dalam sampel air sungai bagi unsur-unsur As, Mn, Zn, Cr, Cd dan Mg adalah lebih tinggi dari nilai latar belakang yang ditetapkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia. Kepekatan anion sulfat ( $\text{SO}_4$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), dan ammonia ( $\text{NH}_3$ ) dalam sampel air sungai yang dianalisis adalah rendah (Rajah 11).

Hasil analisis ciri-ciri fizikio-kimia tanah yang disampel dari kawasan sekitar tapak pelupusan menunjukkan nilai pH yang disukat berkisar daripada 3.9 hingga 6.9 iaitu mempunyai keasidan yang tinggi hingga sederhana manakala nilai konduktiviti yang diukur juga adalah tinggi iaitu dalam julat 2570-4760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Nilai ini membuktikan bahawa sampel yang diukur telah diresapi dengan bahan larut resap yang bergerak dari tapak pelupusan ke kawasan tanah di sekitar sehingga tanah menjadi lebih berasid bila bercampur dengan ion-ion logam. Donahue et al. (1977) berpendapat bahawa tanah menjadi berasid apabila sebahagian daripada kation-kation bes seperti Na, K, Ca



Rajah 10: Korelasi beberapa logam berat mg/L.

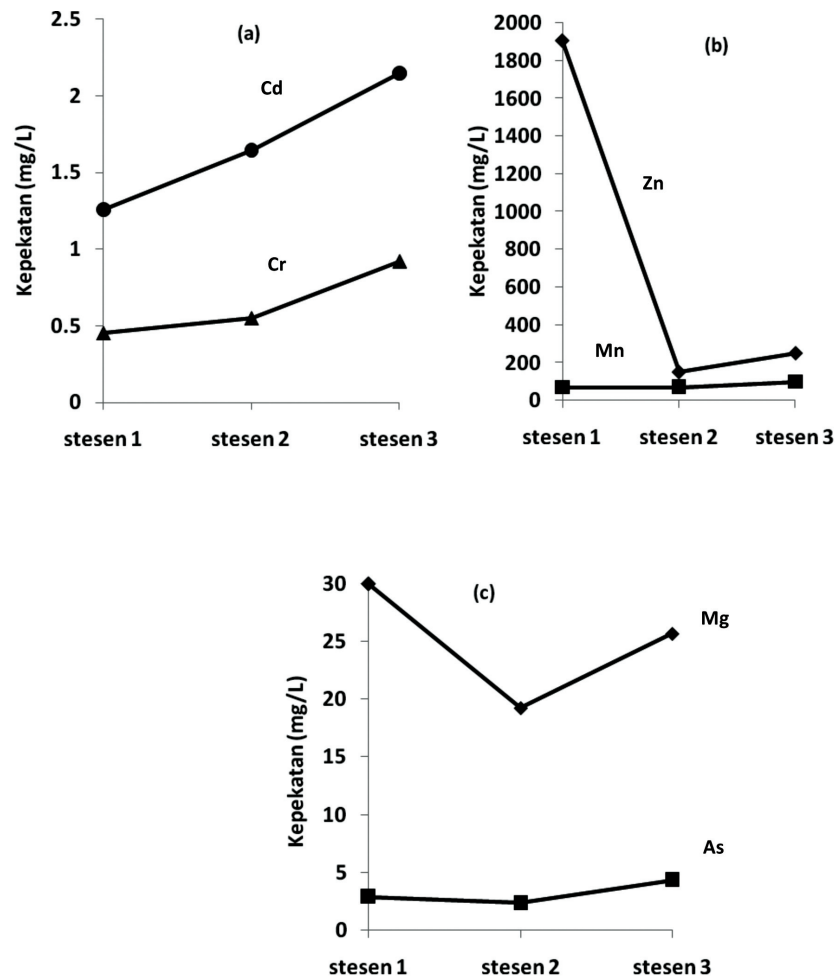
dan Mg ditukarganti oleh  $H^+$ . Jumlah Kapasiti Pertukaran Kation (KPK) sampel tanah merupakan kapasiti tanah untuk berlakunya pertukaran kation di antara tanah dan larutan tanah tersebut. KPK selalunya menjadi ukuran kesuburan tanah, kapasiti penyimpanan nutrien dan kapasiti perlindungan air bawah tanah dari pencemaran. Bacaan KPK daripada sampel-sampel tanah adalah rendah iaitu disekitar 1.5 hingga 3.6 Meq/100 g membuktikan bahawa tanah di kawasan kajian mempunyai kandungan pasir yang tinggi, kandungan lempung dan lodak yang sederhana, sedikit nitrogen, bertekstur kasar dan mempunyai tahap kesuburan yang rendah (Donahue et al. 1977). Tanah di kawasan kajian mempunyai kandungan pasir di sekitar 21-46%. Manakala kandungan lodak dan lempung adalah 23-64% dan 20-56%. Ini bermakna tekstur tanah di kawasan kajian didominasi oleh tanah jenis lodak berlempung. Logam berat dalam tanah didapati melebihi nilai latar belakang serta berasal dari bahan buangan di tapak pelupusan. Tanah jenis lempung lebih banyak mengumpulkan logam berat berbanding dengan pasir yang berbutir lebih kasar.

#### KESIMPULAN

Survei pengimejan keberintangan elektrik 2D dan analisis kimia tanah serta air yang dilakukan telah dapat memberikan satu gambaran mengenai tahap migrasi bahan larut resap ke dalam tanah dan kawasan sekitar. Pada amnya, bahan larut resap telah dikesan hingga mencapai kedalaman 4-6 meter dari permukaan secara menegak manakala ia telah bermigrasi secara sisi hingga memasuki kawasan ladang kelapa sawit di sekelilingnya. Arah aliran bahan larut resap adalah selari dengan arah aliran air sungai.

#### PENGHARGAAN

Pengarang mengucapkan setinggi penghargaan kepada pihak MOHE bagi geran penyelidikan untuk membiayai projek ini di bawah mekanisme FRGS dan juga MOSTI bagi geran Sciencefund. Terima kasih juga kepada pihak BTS Drilling kerana membina 6 lubang gerudi untuk kajian ini di tapak pelupusan sampah Sungai Sedu.



RAJAH 11. Kepekatan beberapa logam berat sampel air sungai dalam mg/L

#### RUJUKAN

- Abdullahi, N.K., Osazuwa, I.B. & Onugba, A. 2010. Detecting municipal solid waste leachate plumes through electrical resistivity survey and physico-chemical analysis of groundwater samples. *Journal of American Science* 6(8): 540-548.
- Aristodemou, E. & Thomas-Betts, A. 2000. DC resistivity and induced polarization investigation at a waste disposal site and its environments. *Journal of Applied Geophysics* 44: 275-302.
- Bahaa, E. 2005. The migration of inorganic contaminants from landfill sites to the groundwater systems. Tesis Sarjana, Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Batayneh, A.T. & Barjous, M.O. 2005. Resistivity surveys near a waste disposal site in Qasr Tuba area of Central Jordan. *Bulletin of Engineering and Environmental Geology* 64: 287-294.
- Cardarelli, E. & Fischanger, F. 2006. 2D data modeling by electrical resistivity tomography for complex subsurface geology. *Geophysical Prospecting* 54: 121-133.
- Dahlin, T. & Zhou, B. 2002. Gradient and mid-point-referred Measurements for Multi-channel 2D Resistivity Imaging. *Proceedings of 8th Meeting of Engineering Geophysics, Aveiro Portugal*.
- Dawson, C.B., Lane, J.W., White, E.A. & Belaval, M. 2002. Intergrated Geophysical Characterization of the Withrop Landfill Southern Flow, Withrop, Maine. *Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Enviromental Problems*. Las Vegas, Nevada.
- Donahue, R.L., Miller, R.W. & Shickluma, J.C. 1977. *An Introduction to Soil and Plant Growth*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Frid, V., Liskevich, G., Doudkinski, D. & Korostishevsky, N. 2008. Evaluation of landfill disposal boundary by means of electrical resistivity imaging. *Environmental Geology* 53: 1503-1508.
- Hamzah, U., Samsudin, A.R. & Malim, E.P. 2007. Groundwater investigation in Kuala Selangor using vertical electrical sounding surveys. *Environmental Geology* 51(8): 1349-1359.
- Hamzah, U., Yaacup, R., Samsudin, A.R. & Ayub, M.S. 2006. Electrical imaging of the groundwater aquifer at Banting Selangor Malaysia. *Environmental Geology* 49: 1156-1162.
- Karlik, G. & Kaya, M. 2001. Investigation of groundwater contamination using electrical and EM method at an open waste-disposal site: a case study from Isparta, Turkey. *Environmental Geology* 40: 725-731.

- Keller, E.A. 2000. *Environmental Geology*. Ed Ke-5. Ohio: Merrill Publishing Company.
- Loke, M.H. Acworth, I. & Dahlin, T. 2003. A comparison of smooth and blocky inversion methods in 2D electrical imaging surveys. *Exploration Geophysics* 34: 182-187.
- Martinho, E. & Almeida, F. 2006. 3D behaviour of contamination in landfill site using 2D resistivity/IP imaging: Case studies in Portugal. *Environmental Geology* 49: 1070-1078.
- Meju, M. 2000. Geo-electrical investigation of old/abandoned covered landfill sites in urban areas: model development with a genetic diagnosis approach. *Journal of Applied Geophysics* 44: 115-150.
- Mukhtar, I.S., Abdullatif, P. & Hanafi, M. 2000. Detection of groundwater pollution using resistivity imaging at Seri Petaling landfill, Malaysia. *Journal of Environmental Hydrology* 8: 1-8.
- Omar, A.A. & Reyad, A.S. 2006. Metals distribution in soil around the cement factory in southern Jordan. *Environmental Pollution* 140: 387-394.
- Osazuwa, I.B. & Abdullahi, N.K. 2008. Electrical resistivity and Induced polarization investigations at an open solid waste dumpsite: Case study from Kaduna, North Central Nigeria. *Journal of Environmental Hydrology* 16(29): 1-11.
- Porsani, L., Filho, W.M., Ellis V.R., Shimlis, J.D. & Moura, H.P. 2004. The use of GPR and VES in delineating a contamination plume in a landfill site. A case study in SE Brazil. *Journal of Applied Geophysics* 1(55): 199-209.

Program Geologi

Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Alam Sekitar

Fakulti Sains & Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia

43600 UKM Bangi, Selangor D.E.

Malaysia

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: umar@ukm.my

Diserahkan: 29 September 2010

Diterima: 15 Julai 2011