

## PEMODELAN SKALA LABORATORIUM PENCEMARAN AIR TANAH OLEH LIMBAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK

**Ida Ayu Meitri Wijayantari**

*Alumni Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar  
Email: gekmeitri@yahoo.com*

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan pemodelan fisis menggunakan metode geolistrik untuk memantau permasalahan sumber daya air yaitu pencemaran air oleh limbah. Pencemaran yang disebabkan oleh limbah industri menjadi persoalan besar, jika limbah tersebut meresap ke dalam tanah dan mencemari air tanah yang dikonsumsi oleh manusia, hewan dan organisme lainnya. Penurunan kualitas air tanah dapat mempengaruhi pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap air bersih. Karena dampak limbah cair industri tidak langsung dapat dirasakan, membuat masyarakat menjadi kurang sadar akan bahaya limbah yang dapat mencemari keberadaan air tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai resistivitas limbah cair dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 2D. Alat yang digunakan yaitu Resistivitymeter tipe G-Sound (GL-4100) dan bahan limbah cair yang digunakan yaitu oli bekas dengan medium berupa bak kayu yang terisi beberapa material. Pengolahan data diolah dengan menggunakan software RES2Dinv ver 3.3 dan diperoleh nilai tahanan jenis medium yang terkontaminasi oleh limbah cair dari data geolistrik tahanan jenis adalah 0,962 - 12,4  $\Omega\text{m}$  serta dari penampang (pseudosection) geolistrik terlihat batas atau daerah yang terkontaminasi oleh limbah cair terdapat pada kedalaman 0 - 0,44 m dari permukaan tanah (ground surface). Pada hasil pengolahan data terdapat nilai tahanan jenis yang cukup tinggi yaitu 44,5 - 84,3  $\Omega\text{m}$  ini diinterpretasikan merupakan pasir besi yang terdapat pada medium tanah lempung (clay sand) yang digunakan.

**Kata kunci:** *metode geolistrik, pencemaran air tanah, limbah*

## LABORATORY SCALE MODELING OF GROUNDWATER CONTAMINATION BY WASTE USING GEOELECTRIC METHOD

### ABSTRACT

Research has been carried out with physical modeling using the geoelectric method to monitor the problem of water resources namely water pollution by waste. Pollution caused by industrial waste is a big problem, if the waste seeps into the soil and contaminates ground water consumed by humans, animals and other organisms. Decreasing groundwater quality can affect the fulfillment of community needs for clean water. Because the impact of industrial wastewater can not be directly felt, making people less aware of the dangers of waste that can pollute the presence of ground water. The purpose of this study was to identify the spread of liquid waste using the 2D type geoelectric method and find out the resistivity value. The tools used are type G-Sound Resistivity meter (GL-4100) and used liquid waste material used oil. Data processing was processed using RES2Dinv ver 3.3 software and obtained medium type resistivity values contaminated by liquid waste from geoelectric data of resistivity type was 0.962 - 12.4  $\Omega\text{m}$  and from the geoelectric cross section (pseudosection) visible boundaries or areas contaminated with liquid waste contained in depth of 0 - 0.44 m from ground level (ground surface). On the results of data processing, there is a high value of species resistance, 44.5 - 84.3 m, which is interpreted as iron sand found in the clay sand medium used.

**Keywords:** *geoelectric method, groundwater pollution, waste*

## 1 PENDAHULUAN

Pencemaran air merupakan persoalan yang khas terjadi di sungai-sungai dan badan air lainnya. Sumber pencemaran air terutama disebabkan aktivitas manusia dan dipicu secara kuadrat oleh pertumbuhan penduduk. Pencemaran air yang berada di kawasan perkotaan disebabkan oleh sektor domestik berupa limbah cair dari rumah tangga dan industri rumah tangga. Limbah tersebut dapat dikategorikan limbah berbahaya maupun tidak berbahaya. Pembuangan limbah yang memiliki senyawa berbahaya dapat membahayakan manusia, hewan dan organisme lainnya jika air yang tercemar tersebut dikonsumsi.

Air merupakan kebutuhan primer makhluk hidup yang harus dijaga kualitas dan kuantitasnya demi kepentingan generasi masa kini maupun masa depan. Manusia dapat memperoleh air melalui air hujan, air permukaan dan air tanah, mengingat jumlah air permukaan yang kuantitasnya sudah menurun maka banyak masyarakat menggunakan air tanah untuk mencukupi kebutuhan sehari-hari dan keperluan industri. Air tanah adalah air yang berada dibawah permukaan tanah di dalam zona jenuh, dimana tekanan hidrostatiknya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Air tanah terdapat dua macam yaitu air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal terjadi karena adanya daya peresapan air dari permukaan tanah dengan kedalaman 15 m yang umumnya digunakan sebagai sumur air minum. Setelah lapisan kedap air yang pertama terdapat air tanah dalam. Pengambilan air tanah dalam harus menggunakan bor lalu memasukkan pipa sampai kedalaman 100 – 300 m (Hefni, 2003).

Penurunan kualitas air tanah dapat mempengaruhi pemenuhan kebutuhan masyarakat terhadap air minum. Penurunan kualitas air tanah untuk air minum dapat disebabkan oleh aktivitas rumah tangga, pertanian, maupun industri yang menghasilkan limbah. Industri dengan limbah skala besar umumnya telah memiliki peralatan untuk menanggulangi limbahnya, sedangkan industri dengan limbah skala kecil masih belum memiliki peralatan untuk menangani limbahnya. Pencemaran terhadap sumber daya air melalui limbah dapat mengakibatkan serangan penyakit, terbatasnya jumlah air bersih, terganggunya kehidupan biota perairan dan lain-lain. Bentuk pencemaran limbah cair industri adalah pencemaran limbah cair terhadap air tanah sebagai sumber air minum utama warga dan pengaruhnya terhadap kondisi kualitas tanah. Dampak negatif adanya pencemaran limbah cair industri terhadap air tanah sebagai sumber air minum utama belum sepenuhnya dipahami warga. Kurangnya kesadaran masyarakat akan bahaya limbah cair yang dapat mencemari air tanah karena dampak limbah cair tidak secara langsung dirasakan. Demikian pula kelemahan dalam penyediaan infrastruktur pengolahan limbah untuk sektor domestik akan menyebabkan limbah rumah tangga (baik cair maupun padat) memasuki perairan secara langsung. Dengan demikian keadaan tersebut dapat merusak kualitas air permukaan.

Salah satu limbah yang dapat menyebabkan pencemaran yaitu oli. Oli memiliki lapisan-lapisan halus yang mempunyai fungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan komponen mesin seminimal mungkin dan mencegah terjadinya goresan. Terlepas dari hal positif yang di dapat dari penggunaan oli, ada beberapa hal negatif yang sebaiknya dijadikan pertimbangan ketika menggunakan oli dalam pemakaian maupun setelah penggunaan. Oli dari hasil produk minyak bumi yang telah digunakan kemudian dibuang secara illegal di lokasi-lokasi yang tidak seyakinya, pembuangan tersebut merupakan sebuah pencemaran lingkungan yang berdampak global dan menyebabkan keprihatinan yang menarik perhatian public di berbagai negara.

Oli bekas dihasilkan dari berbagai macam aktivitas manusia sehari-hari yang salah satunya termasuk kegiatan otomotif atau perbengkelan kendaraan bermotor. Kegiatan ini yang sebagai tempat pemeliharaan dan perbaikan alat-alat transportasi, menghasilkan limbah hidrokarbon berupa tumpahan atau cecceran oli bekas. Menurut Nabil dkk (2010) oli bekas memiliki tinggi nilai abu, bahan asphaltenic, logam, air dan bahan pengotor lain yang di hasilkan selama jalannya pelumasan dalam mesin. Limbah oli bekas merupakan produk yang tidak mungkin di hindari oleh setiap industry bengkel-bengkel kendaraan bermotor dan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan salah satunya pencemaran air tanah. Pencemaran oli bekas dapat terjadi dikarenakan tidak adanya sistem yang baku mengenai pengelolaan oli bekas terutama dari bengkel-bengkel kendaraan bermotor.

Salah satu metode yang dapat dipakai untuk mendeteksi pencemaran air tanah adalah metoda geolistrik. Metode ini melibatkan pengukuran arus, potensial dan medan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi arus. Salah satu metode geolistrik yaitu metoda resistivity (Soininen 1985). Kemungkinan pengukuran resistivitas listrik dapat dilakukan untuk mengetahui distribusi limbah dalam air. Metode geolistrik dapat dimanfaatkan untuk studi masalah sumber daya air, yaitu untuk mendeteksi kontras resistivitas medium akibat penyebaran kontaminan (rembesan limbah) di bawah permukaan yang sering diasosiasikan sebagai fluida konduktif (Telford, 1990). Beberapa studi telah dilakukan diantaranya untuk identifikasi intrusi air laut, kebocoran limbah hasil industri (Van, 1991) sehingga metoda geolistrik dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi distribusi polutan baik secara spasial maupun temporal. Namun untuk keperluan tersebut diperlukan teknik pengukuran dan perangkat yang dapat menghasilkan citra konduktivitas (atau resistivitas) bawah permukaan dengan resolusi tinggi secara cepat dan tepat.

Seperti yang telah diketahui, bahwa tanah merupakan tempat penampungan limbah setelah laut, udara dan sungai, maka perlu mempertahankan tanah dari kerusakan akibat limbah khususnya limbah cair. Di bawah permukaan, sulit untuk mengamati secara langsung rembesan limbah, sejauh mana limbah tersebut akan mengalir dan berapa cepat limbah itu mengalir sehingga perlu dilakukan penelitian mengingat limbah tersebut dapat mempengaruhi kualitas air tanah sekitar dan nantinya akan mudah untuk mencari metode dan cara penanggulangan rembesan limbah cair yang akhirnya dapat mengganggu keberadaan air tanah yang dikonsumsi secara langsung oleh masyarakat. Salah satu upaya untuk mencegah pencemaran yang lebih besar, maka perlu dilakukan penelitian dalam skala kecil sebagai acuan untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas dan mengidentifikasi rembesan limbah dalam tanah yang dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Penelitian ini lebih difokuskan ke limbah cair yaitu oli bekas yang nantinya akan dilakukan identifikasi dengan pendekatan metode geolistrik resistivitas.

## 2 TEORI PENDUKUNG

### 2.1 Limbah

Limbah adalah bahan, atau sisa pada suatu kegiatan maupun proses produksi yang tidak lagi berguna atau bermanfaat bagi pelaku proses. Limbah juga dapat dibedakan menjadi limbah yang mudah maupun sulit diuraikan. Pada umumnya limbah yang sulit diuraikan termasuk limbah organik. Parameter kondisi limbah dinyatakan dengan pH dan derajat keasaman tersebut ditetapkan menggunakan pH meter .

Biasanya limbah dibuang ke suatu tempat dan akan mempengaruhi lingkungan tempat limbah tersebut di buang. Jenis limbah dari industri disebut limbah industri, sedang limbah dari kegiatan pertanian disebut dengan limbah pertanian, limbah dari pemukiman disebut limbah domestik dan yang berasal dari peternakan disebut dengan limbah peternakan. Sifat kimia dalam limbah meliputi kandungan bahan organik, BOD, protein, sedangkan berdasarkan sifat fisika yaitu meliputi bau, rasa, suhu, kekeruhan, dan sifat biologi meliputi kandungan bakteri patogen dalam air limbah (Wibisono 1995). Limbah industri dapat digolongkan kedalam tiga kelompok yaitu limbah cair, limbah padat, limbah B3, dan limbah gas yang dapat mencemari lingkungan sekitar pabrik (Djajadiningrat & Harsono 1990).

Oli bekas merupakan salah satu limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun). Suatu limbah digolongkan sebagai limbah B3 bila mengandung bahan berbahaya atau beracun yang sifat dan konsentrasinya, baik langsung maupun tidak langsung dapat merusak atau mencemarkan lingkungan hidup atau membahayakan kesehatan manusia. Limbah B3 antara lain bahan berbahaya yang tidak digunakan lagi karena rusak misalnya sisa kemasan, tumpahan, sisa proses dan oli bekas kapal atau bekas kendaraan yang memerlukan penanganan dan pengolahan khusus. Bahan-bahan ini termasuk limbah B3 bila memiliki salah satu atau karakteristik yang mudah meledak, terbakar dan bersifat reaktif

### 2.2 Metode Geolistrik

Metode geolistrik resistivitas adalah metode yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan atau di bawah permukaan bumi. Prinsip dalam metode ini yaitu arus listrik diinjeksikan ke alam bumi melalui dua elektrode arus, sedangkan beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektrode potensial. Pada keadaan tertentu, pengukuran bawah permukaan dengan arus yang tetap akan diperoleh suatu variasi beda tegangan yang berakibat akan terdapat variasi resistansi yang akan membawa suatu informasi tentang struktur dan material yang dilewatinya (Trisusanto Setiawan, 2011).

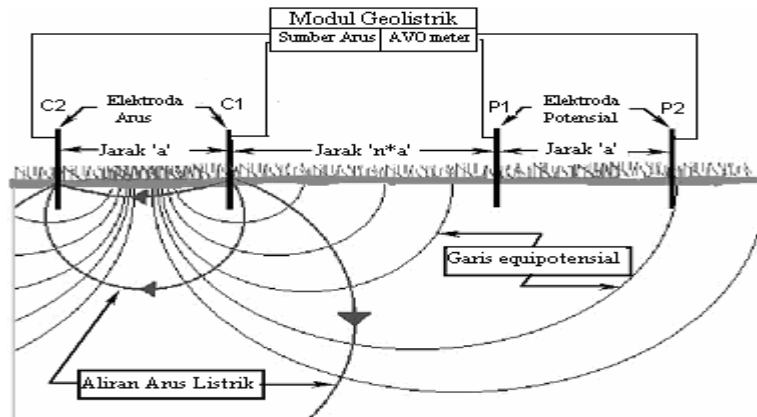
Kenyataan di bumi menunjukkan bahwa bumi terdiri atas beberapa lapisan dengan nilai tahanan jenis yang berbeda-beda, sehingga pengukuran potensial listrik dipengaruhi oleh kapisan-lapisan tersebut, dengan demikian tahanan jenis yang terukur pun bukan tahanan jenis satu lapisan saja (terutama untuk jarak elektroda yang lebar), sehingga tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis semu  $\rho_a$  (Telford et.al., 1990). Persamaan 2.1 dapat digunakan untuk menghitung nilai tahanan jenis semu dari suatu lapisan tidak homogen tersebut.

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} k \quad (2.1)$$

Dengan:

$\rho_a$	: Tahanan jenis semu batuan
$\Delta V$	: Beda Potensial antara elektroda potensial $P_1$ dan $P_2$
$I$	: Kuat arus
$k$	: Faktor geometri elektroda (Telford, et.al., 1990).

Survei tahanan listrik telah banyak digunakan dalam beberapa dekade dalam hal hidrogeologi, pertambangan dan penyelidikan geoteknik. Masing-masing konfigurasi metode tahanan listrik mempunyai keuntungan dan kesensitivitasan tertentu sehingga dalam akuisisi data perlu dipertimbangkan konfigurasi yang paling sesuai dengan tujuan dari suatu penelitian. Konfigurasi dipol-dipol secara umum memiliki daya penyelidikan kedalaman yang dangkal di banding konfigurasi *Wenner*. Untuk survei 2D, konfigurasi ini mempunyai keunggulan yang sangat baik dalam penyelidikan data secara horizontal dibanding konfigurasi *Wenner*. Konfigurasi metode dipol-dipol ditunjukkan oleh gambar 2.1



Gambar 2.1 Konfigurasi dipol-dipol

Nilai tahanan jenis konfigurasi *dipole-dipole* dapat dirumuskan oleh persamaan (2.1), diperoleh

$$r_1 = r_4 = 2nl, r_2 = 2l(n-1), r_3 = 2l(n+1), \text{ dimana } n \geq 1 \quad (2.2)$$

Kemudian

$$\rho_a = -2\pi n^3 l \frac{\Delta V}{I} \quad (2.3)$$

Jika *dipole-dipole* berakhir dengan bersamaan, maka

$$r_1 = r_4 = 2nl, r_2 = r_3 = 2\sqrt{\{(nl)^2 + l^2\}} \approx 2nl\left(1 + \frac{1}{2n^2}\right) \quad (2.4)$$

Kemudian

$$\rho_a \approx -4\pi n^3 l \frac{\Delta V}{I} \quad (2.5)$$

Jika jarak antara kedua elektroda tidak jauh lebih besar dari panjang dipol menjadi persamaan (2.3) dalam bentuk yang tepat,

$$\rho_a = -2\pi(n-1)n(n+1)l \frac{\Delta V}{I} \quad (2.6)$$

Dimana  $l = a$ , yaitu jarak antar pasangan elektroda arus dan potensial, sehingga:

$$\rho_a = \pi n(n+2)(n+1)a \cdot \frac{V}{I} \quad (2.7)$$

Dimana:

- $\rho_a$  : Tahanan jenis semu ( $\Omega m$ )
- $I$  : Kuat arus (Ampere)
- $\Delta V$  : Beda potensial (Volt)
- $\pi n(n+2)(n+1)a$  : Faktor geometri (meter) ( Telford, et al., 1990).

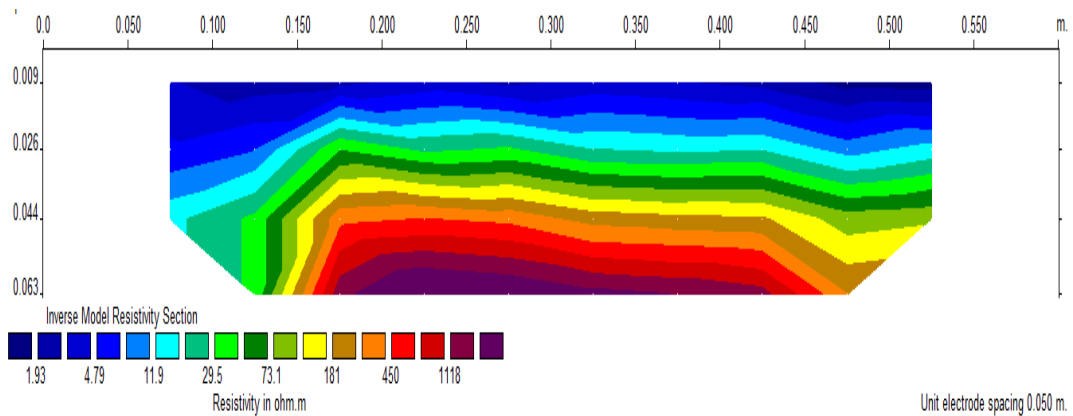
### 3 METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental pada skala laboratorium. Alat yang digunakan untuk penelitian bawah permukaan yaitu Resistivitymeter tipe G-Sound (GL-4100) beserta kelengkapannya yang terdiri dari accumulator (aki) sebagai sumber arus DC, kabel penghubung, elektroda arus dan potensial serta kelengkapan pendukung seperti meteran. Bahan yang digunakan yaitu limbah cair (oli bekas). Pengumpulan data dilakukan pada wadah bak dengan ukuran panjang 2 meter, lebar 1 meter, dan tinggi 1 meter. Data yang

diperlukan dalam penelitian ini berupa data resistivitas dari medium yang belum tersebar limbah dan yang telah tersebar limbah. Kita dapat membandingkan antara medium yang belum terkontaminasi dengan medium yang telah terkontaminasi oleh limbah oli. Akuisisi data resistivitas dilakukan dengan menggunakan konfigurasi elektroda Dipole-dipole dengan lintasan pengukuran sebanyak satu lintasan. Pengukuran dilakukan dengan memindahkan elektroda potensial pada suatu penampang dengan elektroda arus tetap, kemudian pemindahan elektroda arus pada spasi  $n$  berikutnya diikuti oleh pemindahan elektrode potensial sepanjang lintasan seterusnya hingga pengukuran elektroda arus pada titik terakhir di lintasan. Data – data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan yang berupa beda potensial (V) dan kuat arus listrik (I). Perhitungan data dengan persamaan 2.7 akan diperoleh nilai apparent resistivity pada masing-masing titik ukur. Selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan program RES2DINV ver 3.3 untuk melihat penampang resistivitas dari medium yang digunakan selama penelitian. Hasil dari penelitian ini akan menghasilkan penampang resistivitas medium yang akan diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitasnya.

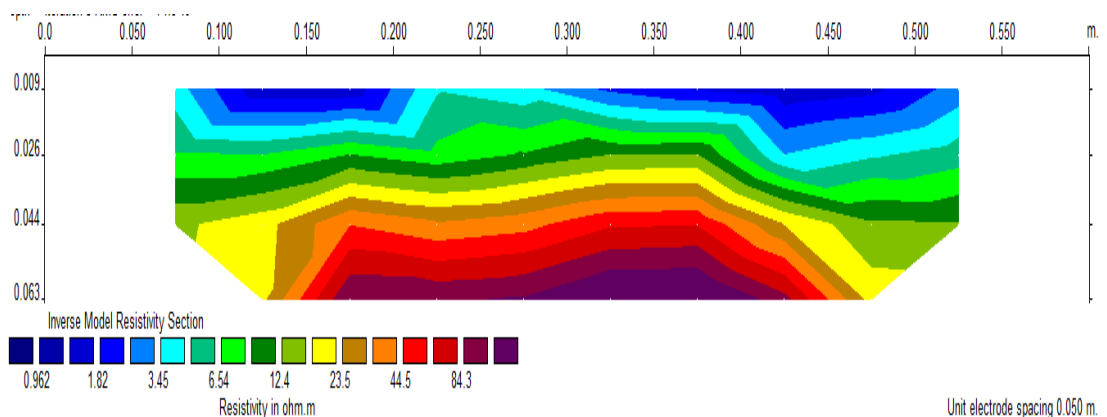
#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil inversi dengan menggunakan program RES2DINV ver 3.3, dengan konfigurasi Dipole-dipole, diperoleh hasil penampang tahanan jenis seperti gambar berikut:



Gambar 4.1. Penampang resistivitas 2D sebelum tersebar limbah oli

Nilai resistivitas medium tanpa limbah yang merupakan pembanding antara medium yang terkontaminasi dengan yang belum terkontaminasi yang merupakan hasil pengukuran arus dan potensial listrik dapat terlihat pada gambar 4.1. Dari hasil penampang geolistrik tanpa limbah terdapat nilai tahanan jenis berkisar antara 1,93 – 1118  $\Omega$ m yang diinterpretasikan berupa air, ini dapat diyakini karena bagian tengah-tengah bak kaca pasir terlihat masih basah.



Gambar 4.2. Penampang resistivitas 2D setelah tersebar limbah oli

Nilai resistivitas medium yang diinjeksikan polutan cair yang merupakan hasil pengukuran arus dan potensial listrik pada Gambar 4.2. Polutan cair (oli) yang diinjeksikan sebanyak 500 mL yang dituangkan ditengah-tengah bak lalu dibiarkan selama kurang lebih 15 menit untuk membiarkan penyebaran oli benar-benar

sudah berhenti sehingga dapat diukur sejauh mana oli tersebut akan menyebar pada medium yang telah disiapkan.

Dari hasil pengolahan data melalui inversi terlihat bahwa daerah yang sudah terkontaminasi dengan limbah oli yang memiliki nilai resistivitas berkisar dari 0,962 - 12,4  $\Omega\text{m}$ , dimana terlihat dari Gambar 4.2 bahwa limbah terdapat pada kedalaman 0 - 0,44 m dari permukaan tanah (ground surface). Pada hasil pengolahan data terdapat nilai resistivitas yang cukup tinggi yaitu 44,5 – 84,3  $\Omega\text{m}$  ini diinterpretasikan merupakan pasir besi yang terdapat pada medium tanah lempung (clay sand) yang digunakan.

Dari penelitian model fisis ini dapat dikatakan bahwa pengaplikasian metode geolistrik dalam mengidentifikasi pencemaran air yang disebabkan oleh limbah dapat di deteksi dengan baik. Karena hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai resistivitas medium yang terkontaminasi lebih kecil dibandingkan dengan nilai resistivitas medium yang belum terkontaminasi, dengan kata lain bahwa medium yang terkontaminasi memiliki nilai konduktivitas yang tinggi karena limbah bersifat konduktif.

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan penampang geolistrik tahanan jenis 2-D terlihat adanya pencemaran yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas yang rendah ini dikarenakan oli bekas bersifat konduktif. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai resistansi oli memiliki nilai yang cukup rendah yaitu berkisar dari 0,962 - 12,4  $\Omega\text{m}$ . Aplikasi metode geolistrik dapat dipakai sebagai alat monitoring rembesan limbah, namun untuk kondisi lapangan yang sebenarnya harus masih perlu pengkajian yang lebih mendalam lagi. Serta mutlak harus ditunjang dengan data-data sekunder.

## DAFTAR PUSTAKA

- Djajadiningrat, S.T. & Harsono, H. 1990. *Penilaian secara cepat sumber-sumber pencemaran air, tanah dan udara*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius, Jakarta
- Nabil, M. 2010. Waste Lubricating Oil Treatment by Adsorption Process Using Different Adsorbents. *Jurnal World Academy of Science, Engineering and Technology*. 62
- Soininen, H. 1985. *The behavior of the apparent resistivity phase spectrum in the case of two polarized media*. *J. Geophysiscs* 50: 810-819.
- Telford, W.M., L.P. Geldart and R.E. Sheriff. 1990. *Applied Geophysic*. Cambridge University Press, USA, 522-538
- Van, G.P., Park, S.K., Hamilton, P., Monitoring leaks from stroge ponds using resistivity methods, 1991, *Geophysics*, 56, 1267-1270. Hovmand, S. Fluidized Bed Drying. In Mujumdar, A.S. (Ed.) *Handbook of Industrial Drying* (pp.195-248). 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Marcel Dekker. 1995.
- Wibisono, G. 1995. Sistem pengelolaan dan pengolahan limbah domestik. *J. Science* 27: 25-34.  
<http://www.trisusantosetiawan.file.wordpress.com/2011/01/skemaresis>