

Pengamatan Pergerakan Limbah Minyak Goreng Berdasarkan Nilai Resistivitas Menggunakan Metode Crosshole Dipole-Dipole (Observation of Used Cooking Oil Waste Movement Based on Resistivity Value by Using Crosshole Dipole-Dipole Method)

Supriyadi, Nurul Priyantari, Agus Supriyanto, dan Najibur Rohim
Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember

Email korespondensi : supriyadi@unej.ac.id

Submitted 04 April 2018, accepted 21 Maret 2019

ABSTRACT—The area around of Jember University has potential as a trading area because the majority of its citizens are immigrants. This chance is utilized by street food vendors located around the University of Jember. Most street vendors dispose of waste i.e used cooking oil directly around trading locations. One methode to determine waste seepage in the soil is to use the geoelectric method with crosshole dipole-dipole configuration. This research is a laboratory scale research. The sample of soil and waste of used cooking oil were taken from the location of street vendors around Jember University. Based on the research results, the soil resistivity value before being given the waste is 2.78 Ωm to 7.52 Ωm . While the value of soil resistivity after given the waste of used cooking oil ranged from 0.01 Ωm to 5.15 Ωm . Observations from the first day to the seventh day indicate that the movement of waste used cooking oil occurs vertically due to gravity and in all directions due to capillarity.

KEYWORD : *street food vendors, used cooking oil, soil resistivity, crosshole dipole-dipole, laboratory scale research.*

ABSTRAK—Lingkungan Universitas Jember memiliki potensi sebagai lahan untuk perdagangan karena mayoritas warganya adalah pendatang. Peluang tersebut dimanfaatkan oleh pedagang makanan kaki lima yang berada di lingkungan Universitas Jember. Sebagian besar pedagang kaki lima membuang limbahnya secara langsung di sekitar lokasi berdagang sehingga menyebabkan turunnya kualitas tanah. Limbah yang dimaksud adalah limbah minyak goreng. Salah satu cara untuk menentukan adanya rembesan limbah di dalam tanah yaitu menggunakan metode geolistrik crosshole dipole dipole. Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium. Tanah dan limbah minyak goreng bekas yang diteliti diambil dari lokasi pedagang kaki lima di sekitar Universitas Jember. Berdasarkan hasil penelitian, nilai resistivitas tanah sebelum diberi limbah adalah 2.78 Ωm sampai 7.52 Ωm . Sedangkan nilai resistivitas tanah setelah diberi limbah minyak goreng berkisar antara 0.01 Ωm sampai 5.15 Ωm . Pengamatan dari hari pertama sampai hari ketujuh menunjukkan bahwa pergerakan limbah minyak goreng terjadi secara vertikal akibat gravitasi dan ke segala arah akibat kapilaritas.

Kata Kunci: *crosshole dipole-dipole, limbah minyak goreng, pedagang makanan kaki lima, penelitian skala laboratorium, resistivitas tanah.*

I. PENDAHULUAN

Lingkungan Universitas Jember memiliki potensi sebagai lahan untuk perdagangan karena mayoritas warganya adalah pendatang. Potensi tersebut dimanfaatkan oleh pedagang makanan

kaki lima yang berada di lingkungan Universitas Jember. Sebagian besar pedagang kaki lima membuang limbahnya secara langsung di sekitar lokasi berdagang sehingga menyebabkan turunnya kualitas tanah. Limbah yang dimaksud

adalah limbah minyak goreng. Salah satu cara untuk menentukan adanya rembesan limbah di dalam tanah yaitu menggunakan metode geolistrik crosshole dipole dipole. Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium. Tanah dan limbah minyak goreng bekas yang diteliti diambil dari lokasi pedagang kaki lima di sekitar Universitas Jember.

Penurunan kualitas air tanah di lokasi penelitian rentan terjadi karena pembuangan limbah yang belum sesuai prosedur. Jarak dengan rumah penduduk juga sangat dekat. Warna tanah merupakan ciri utama yang paling mudah dilihat. Warna tanah sangat bervariasi, yaitu hitam kelam, coklat, merah bata, jingga, kuning, hingga putih. Selain itu, tanah memiliki lapisan-lapisan dengan perbedaan warna yang kontras sebagai akibat proses kimia atau pencucian. Tanah berwarna hitam atau gelap seringkali menandakan kehadiran bahan organik yang tinggi, diantaranya mangan, belerang dan nitrogen. Warna tanah kemerahan atau kekuningan biasanya disebabkan kandungan besi teroksidasi yang tinggi (Darmono, 2001).

Bahan pencemar biasa dikenal dengan istilah polutan. Secara sifat, polutan dapat dibedakan menjadi empat, yaitu polutan fisik, polutan kimiawi, polutan biologis dan polutan sosial budaya. Polutan fisik yaitu polutan yang fisiknya dapat mencemarkan lingkungan. Polutan kimiawi yaitu polutan yang berbentuk senyawa kimia dengan konsentrasi cukup tinggi dapat menimbulkan pencemaran. Polutan biologis yaitu polutan yang berbentuk makhluk hidup yang dapat menimbulkan pencemaran. Polutan sosial budaya yaitu polutan yang dapat berbentuk perilaku yang tidak sesuai dengan norma sosial setempat sehingga dapat mengganggu kehidupan sosial budaya masyarakat. Polutan fisik dan kimiawi memiliki sifat kelistrikan seperti resistivitas (ρ) yang dapat menunjukkan tingkat hambatan terhadap arus listrik. Polutan mempunyai resistivitas yang berbeda dengan air tanah (Alaydrus, 2010). Polutan yang mencemari

tanah dapat menurunkan kualitas tanah. Pengontrolan terhadap rembesan limbah cair di bawah permukaan tanah sangat sulit dilakukan karena limbah cair dapat meresap dalam tanah. Untuk mengidentifikasi kemungkinan adanya rembesan limbah cair dapat dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas, sebab limbah cair sering diasosiasikan sebagai fluida konduktif (Wang, 2006).

Secara teknis, kendala yang dialami untuk melakukan penelitian di lapangan adalah sempitnya jarak antara tanah dengan jalan raya sehingga peneliti mengalami kesulitan dalam pengambilan data lapangan. Salah satu cara untuk melakukan penelitian adalah menggunakan skala laboratorium. Crosshole dipole dipole merupakan suatu teknik geofisika yang menggunakan kaliper elektroda yang dapat mengidentifikasi visualisasi pergerakan limbah cair yang meresap di dalam tanah dalam beberapa hari tertentu. Crosshole merupakan salah satu metode dalam tomografi yang menggunakan elektroda sumber dan elektroda potensial yang ditempatkan di bawah permukaan pada dua lubang bor (borehole) yang terpisah secara horizontal. Tomografi resistivitas merupakan suatu teknik penggambaran yang berhubungan dengan geofisika, menggunakan sejumlah elektroda dalam lubang bor yang dapat menggambarkan distribusi resistivitas di dalam tanah. Tomografi crosshole ini dapat menghasilkan informasi yang terperinci pada variasi konduktivitas elektrik antara lubang-bor sehingga dapat mendeteksi dan menggambarkan kondisi geologi diantara berbagai penempatan sumber (source) dan penerima (receiver). Metode ini dapat digunakan dengan berbagai susunan elektroda arus-potensial, seperti susunan pole-pole, pole-bipole, bipole-pole, bipole-bipole (dipole-dipole) (Bing dan Greenhalg, 2000). Metode geolistrik resistivitas crosshole dipole-dipole dipilih dalam penelitian ini karena menghasilkan citra resistivitas dengan resolusi yang baik

(Danielsen & Dahlin, 2010). Prabowo dkk (2006) telah membandingkan beberapa konfigurasi dalam metode crosshole salah satunya adalah crosshole dipole-dipole. Disamping itu, Dhu dan Heinsen (2004) juga telah melakukan pemodelan secara numerik dan laboratorium menggunakan metode crosshole dipole-dipole untuk monitoring lingkungan. Identifikasi limbah cair dengan menggunakan metode crosshole juga telah dilakukan oleh Devianta dkk (2013) tetapi tidak menjelaskan jenis limbah cair yang digunakan.

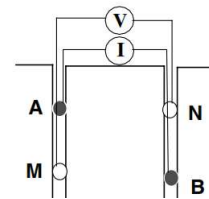
Pergerakan limbah minyak goreng diharapkan dapat teramati dengan metode crosshole dipole-dipole. Limbah minyak goreng memiliki nilai resistivitas yang kontras dengan tanah sehingga mudah dalam menginterpretasi. Dengan demikian diharapkan dapat diketahui pola pencemaran tanah dari limbah minyak goreng yang berasal dari pedagang kaki lima di sekitar Universitas Jember.

II. METODE PENELITIAN

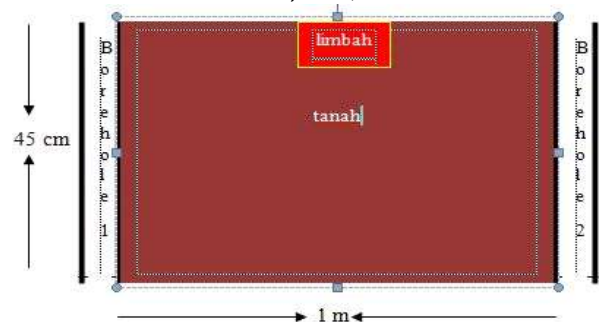
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pergerakan limbah yang berada di dalam tanah, dengan skala laboratorium. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengambilan tanah dan limbah minyak goreng yang berada di sekitar pedagang kaki lima di lingkungan Universitas Jember. Kemudian dari tanah yang diperoleh, dimasukkan dalam bak kaca dengan ketinggian 0.45 m (gambar 1.b).

Konfigurasi yang digunakan adalah crosshole dipole-dipole menggunakan 2 kaliper elektroda arus (A;B) dan 2 kaliper elektroda tegangan (M;N). Kaliper A dan M ditancapkan di borehole 1 sedangkan kaliper N dan B di borehole 2. Pada borehole 1 posisi kaliper A berada di atas kaliper M untuk setiap spasi elektroda dan pada borehole 2 posisi kaliper N berada di atas kaliper B untuk setiap spasi elektroda (Gambar 1.a). Penempatan kaliper berfungsi untuk mengambil data setiap spasi elektroda yang diberikan sampai pada

batas kedalaman borehole. Ketika kaliper A dan M pada borehole 1 dan kaliper N dan B pada borehole 2 sudah tertancap, maka akan diperoleh nilai resistivitas semu dari titik tersebut.



a. Sketsa konfigurasi elektroda pada pengukuran crosshole dipole-dipole (Bing & Greenhalg, 2000; Danielsen & Dahlin, 2010)



b. Realisasi konfigurasi elektroda pada bak sampel
Gambar 1 Konfigurasi elektroda crosshole

Kaliper-kaliper dihubungkan dengan kabel-kabel pada multimeter dan stavolt. Setelah alat-alat disusun, dilakukan pengambilan data awal. Langkah selanjutnya adalah limbah minyak goreng sebanyak 0.5 liter dituangkan pada posisi sumbu $x = 0.50$ m dan kedalaman 0.05 m. Susunan lengkap elektroda, alat ukur, dan sumber arus beserta sampel tanah dan sampel limbah dalam bak ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Susunan peralatan pengukuran pada bak kaca sebagai wadah model pergerakan limbah minyak goreng

Kemudian pengambilan data dilakukan pada hari berikutnya selama tujuh hari dengan rincian

pengamatan pada hari pertama, hari ketiga, hari kelima dan hari ketujuh.

Data yang diperoleh adalah nilai arus dan nilai tegangan. Untuk memperoleh nilai resistivitas, dari masing-masing nilai arus dan tegangan dikalikan faktor geometri. Besarnya nilai K ditentukan berdasarkan metode konfigurasi yang dipakai, sehingga K memiliki nilai (Hagrey, 2011):

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (1)$$

$$K = \pi \frac{a(n+a)}{n} \quad (2)$$

keterangan :

ρ_a = resistivitas semu (Ωm)

V = Tegangan terukur (mV)

I = Arus (mA)

a = Spasi Elektroda (m)

n = Jarak antara borehole (m).

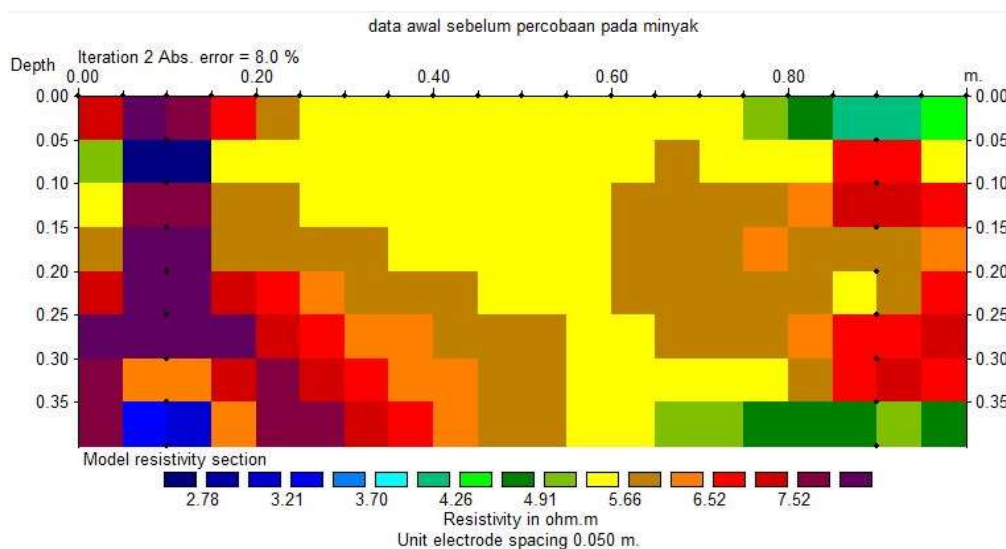
Sedangkan pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan software Res2Dinv

metode crosshole dipole-dipole. Kemudian dari masing-masing data tersebut diinversikan sehingga diperoleh gambar citra resistivitas bawah permukaan tanah (Loke, 1999).

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data berupa gambar citra resistivitas bawah permukaan tanah. Gambar tersebut memberikan informasi sebaran nilai resistivitas. Dengan demikian analisa data dapat dilakukan secara kualitatif terhadap penampang lintasan resistivitas sehingga diperoleh gambaran pergerakan limbah minyak goreng dalam tanah yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas tanah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dimulai dengan mengambil data awal sebagai kontrol, yaitu nilai resistivitas tanah sebelum diberi perlakuan. Adapun hasil yang diperoleh



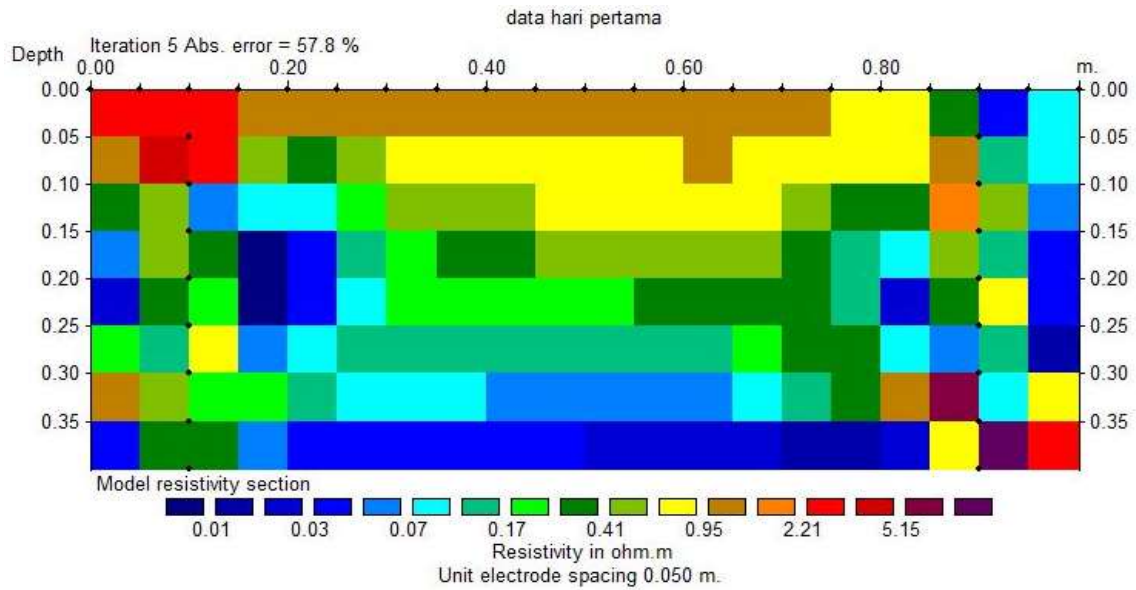
Gambar 3 Distribusi citra resistivitas bawah permukaan sebelum diberi perlakuan

dengan mengikuti aturan yang sesuai untuk

Nilai resistivitas yang diperoleh yaitu 2.78 Ωm sampai 7.52 Ωm yang menunjukkan kondisi tanah sebagai media penyebaran limbah minyak goreng. Tanah yang digunakan tidak diberi perlakuan khusus sebelumnya sehingga granulitasnya bervariasi, kondisi relatif kering dan belum terjadi pepadatan. Hal tersebut juga berpengaruh terhadap kinerja elektroda, dimana di sekitar elektroda nilai resistivitas tanah relatif lebih besar dari lokasi yang lainnya.

ditunjukkan pada Gambar 3.

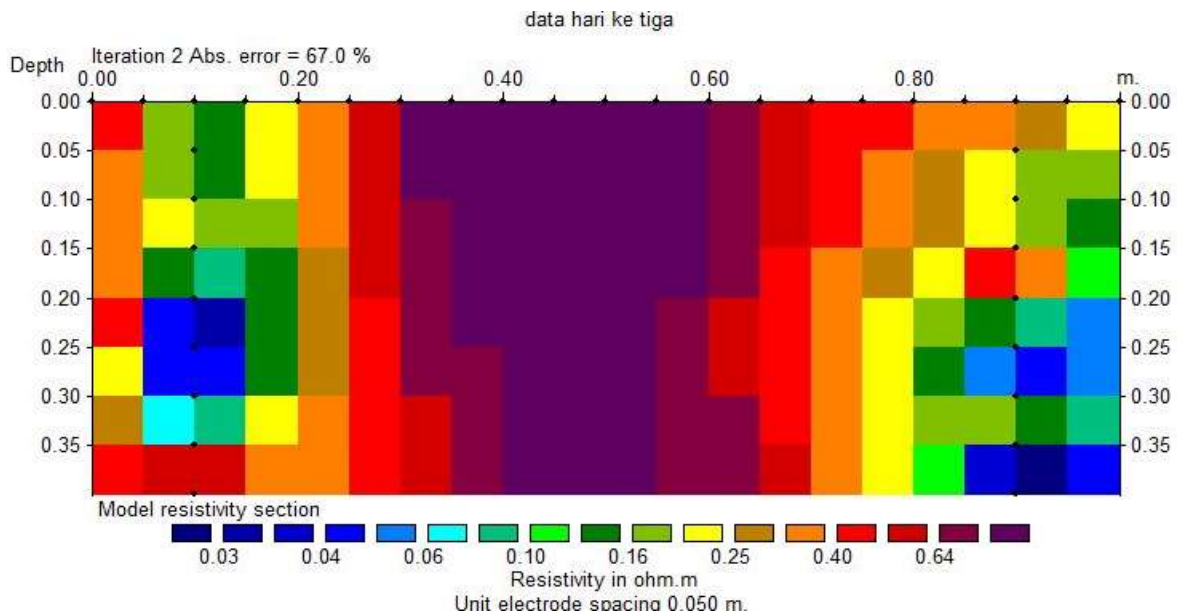
Kemudian penelitian dilanjutkan dengan menambahkan limbah minyak goreng sebanyak 0.50 liter pada posisi sumbu $x = 0.50$ m dan kedalaman 0.05 m. Pengamatan dari pergerakan limbah ini dilakukan pada hari ke 1, hari ke 3, hari ke 5 dan hari ke 7. Distribusi citra resistivitas bawah permukaan pada hari pertama setelah diberi limbah minyak goreng ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Distribusi citra resistivitas bawah permukaan pada hari pertama

Nilai resistivitas yang diperoleh berkisar antara 0.01 Ω m sampai 5.15 Ω m. Nilai resistivitas > 2.21 Ω m hanya sedikit, terletak dibagian atas borehole 1 dan bagian bawah borehole 2 yang kemungkinan disebabkan oleh pengaruh granulitas tanah pada kinerja elektroda kaliper. Variasi nilai resistivitas pada kedalaman 0.00 m sampai 0.15 m dan posisi sumbu x = 0.15 m sampai 0.85 m memiliki nilai resistivitas sebesar 0.95 Ω m yang teridentifikasi sebagai limbah

minyak goreng. Selanjutnya pada kedalaman 0.15 m sampai kedalaman 0.40 m di sepanjang bak penelitian mayoritas memiliki nilai resistivitas yang lebih kecil, yaitu pada kisaran 0.01 Ω m sampai 0.41 Ω m yang diduga merupakan tanah yang sudah lebih homogen karena pengaruh pemadatan dan kelembaban ruang laboratorium. Pada hari pertama, limbah minyak goreng masih terkonsentrasi di titik awalnya.

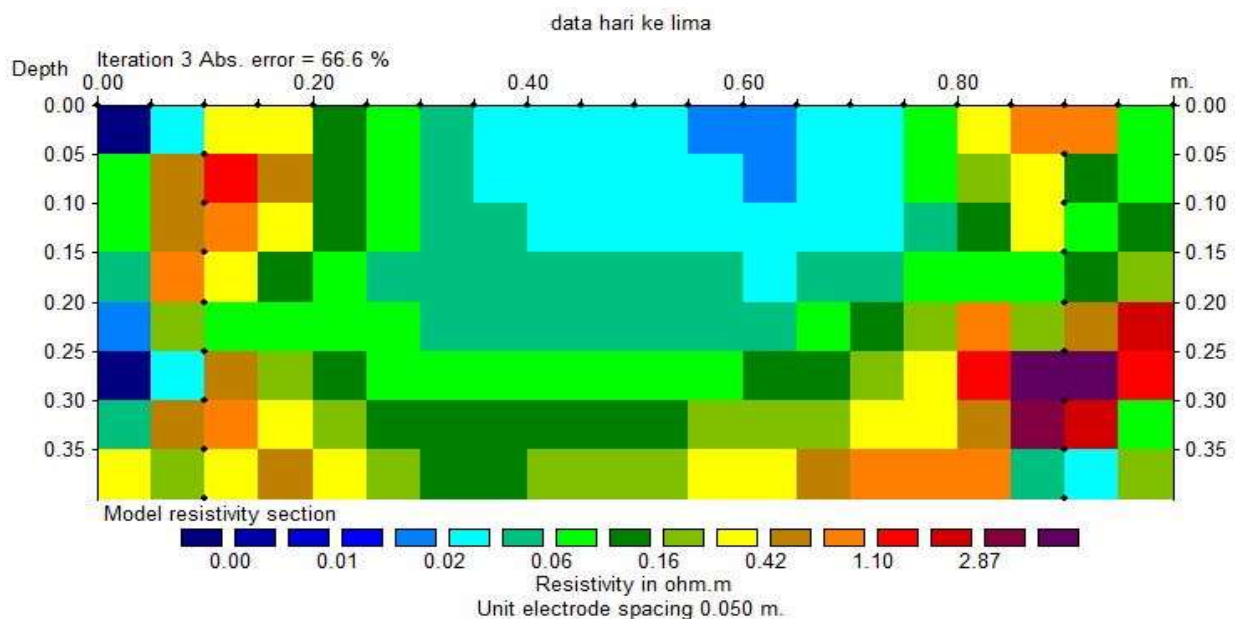


Gambar 5 Distribusi citra resistivitas bawah permukaan pada hari ketiga

Pergerakan limbah minyak goreng pada hari ketiga ditunjukkan pada gambar 5.

Nilai resistivitas yang diperoleh berkisar antara $0.03 \Omega\text{m}$ sampai $0.64 \Omega\text{m}$, memiliki rentang resistivitas lebih kecil yang diasumsikan kondisi tanah relatif homogen dan kinerja elektroda kaliper cukup baik sehingga pengaruh penyebaran limbah minyak goreng teramati dengan baik. Variasi nilai resistivitas yang menunjukkan

penyebaran limbah minyak goreng teramati pada kedalaman 0.00 m sampai 0.40 m dan posisi sumbu $x = 0.30 \text{ m}$ sampai 0.65 m dengan nilai resistivitas di atas $0.64 \Omega\text{m}$. Pada hari ke tiga minyak goreng sudah mencapai dasar bak tetapi masih terkonsentrasi di tengah (merata ke bawah ditengah bak).

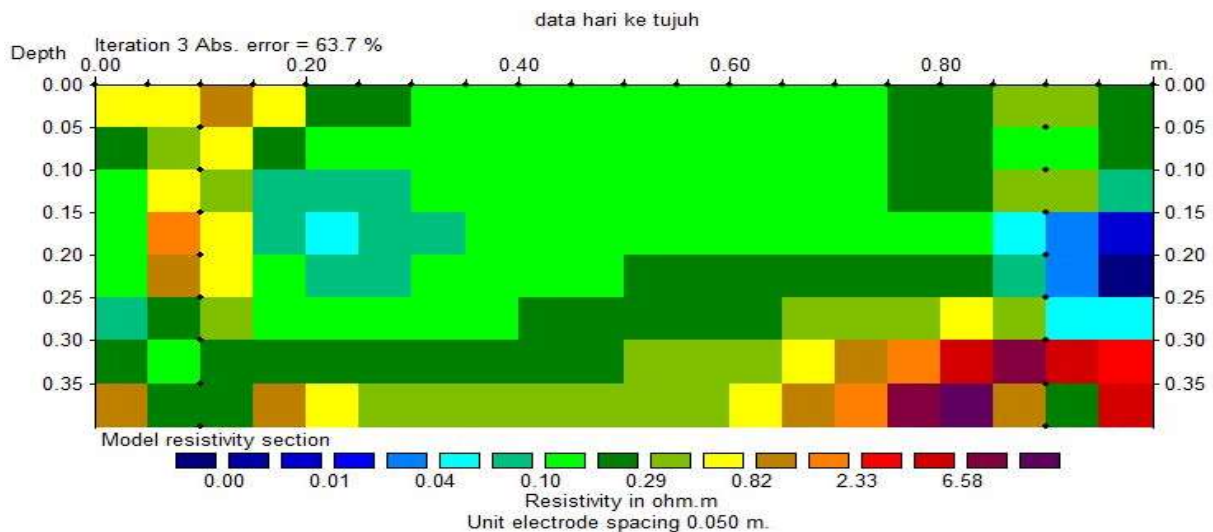


Gambar 6 Distribusi citra resistivitas bawah permukaan pada hari kelima

Gambar 6 menjelaskan distribusi citra resistivitas bawah permukaan pada hari kelima setelah diberi limbah minyak goreng. Nilai resistivitas yang diperoleh berkisar antara $0.00 \Omega\text{m}$ sampai $2.87 \Omega\text{m}$. Di bagian bawah borehole 2, masih ditemui nilai resistivitas sekitar $2.87 \Omega\text{m}$ yang menunjukkan kinerja elektroda kaliper kurang baik. Nilai resistivitas $< 0.01 \Omega\text{m}$ juga hanya sedikit di tepi bak. Nilai resistivitas yang diperoleh pada hari kelima sangat bervariasi. Pada posisi sumbu $x = 0.2 \text{ m}$ sampai 0.80 m dengan kedalaman sampai dasar bak memiliki nilai resistivitas antara $0.02 \Omega\text{m}$ sampai $0.16 \Omega\text{m}$ yang menunjukkan bahwa di titik awal sudah tidak ada limbah minyak goreng. Keberadaan limbah minyak goreng ditunjukkan oleh nilai resistivitas $0.42 \Omega\text{m}$ sampai $1.10 \Omega\text{m}$ yang tersebar di sekitar

borehole 1, borehole 2 dan sebagian dasar bak. Hal ini menandakan limbah minyak goreng bergerak berdasarkan gaya gravitasi dan gaya kapiler.

Gambar 7 merupakan distribusi resistivitas pada hari ke tujuh dengan nilai resistivitas antara $0.00 \Omega\text{m}$ sampai $6.58 \Omega\text{m}$. Nilai resistivitas $< 0.04 \Omega\text{m}$ hanya terdapat sedikit di sekitar tepi bak, demikian juga nilai resistivitas $> 2.33 \Omega\text{m}$ hanya terdapat disekitar borehole 1 dan bagian bawah borehole 2. Bagian tengah bak mulai dari sumbu $x = 0.2 \text{ m}$ sampai 0.8 m sampai kedalaman dasar bak, mayoritas mempunyai nilai resistivitas $0.1 \Omega\text{m}$ sampai $0.29 \Omega\text{m}$ yang merupakan tanah yang sudah tidak mengandung limbah minyak. Limbah minyak tersisa di bagian bawah tepi bak (sumbu $x = 0.6 \text{ m}$ sampai 0.9 m) yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas $0.82 \Omega\text{m}$.



Gambar 7 Distribusi citra resistivitas bawah permukaan pada hari ketujuh

Limbah minyak goreng dari pengamatan hari pertama hingga hari ke tujuh menunjukkan pergerakan dominan menuju ke lapisan bawah dan sebagian kecil menuju ke samping. Pergerakan limbah minyak goreng dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya gravitasi mempengaruhi pergerakan limbah minyak goreng menuju ke tempat lebih rendah, sedangkan gaya kapiler mempengaruhi pergerakan minyak goreng bergerak ke segala arah. Gerakan limbah akibat kapilaritas juga dipengaruhi oleh granulitas tanah yang bervariasi dan kondisi tanah yang relatif kering (hanya dipengaruhi kelembaban udara ruang laboratorium). Hasil penelitian Nufida dkk (2014) menyatakan bahwa ukuran granular tanah berpengaruh terhadap luas permukaan spesifik dan daya absorpsinya terhadap minyak goreng bekas sehingga ukuran granular tanah perlu diperhitungkan dalam penelitian lebih lanjut. Hasil penelitian 3 menunjukkan limbah minyak goreng selalu bergerak menuju daerah yang lebih kering. Tanah kering mempunyai gaya kapiler lebih besar daripada tanah basah. Gaya kapiler yang bekerja terlihat pada pergerakan limbah minyak goreng yang bergerak menyebar secara horizontal (ke samping kanan dan kiri titik penyiraman limbah $x=0.5$ m) mulai hari pertama penyiraman limbah sampai hari ke 7

mencapai $x = 0.1$ m sampai 0.9 m. Pengaruh gaya gravitasi terhadap penyebaran limbah minyak goreng teramati dengan baik mulai hari ke tiga sampai hari ke tujuh yang mampu mencapai dasar bak dengan kedalaman 0.40 m. Pergerakan limbah minyak goreng melalui tanah dipengaruhi oleh keadaan tanah dalam mengalirkan fluida. Lapisan tanah dengan granulitas yang semakin membesar dan sorting yang baik menyebabkan porositas besar, sedangkan kompaksi akan memperkecil porositas. Disamping itu, porositas juga berdampak terhadap kinerja elektroda kaliper sehingga tampak ada beberapa nilai resistivitas yang melonjak di sekitar borehole. Pemodelan laboratorium ini memberi gambaran bagaimana pergerakan fluida dalam hal ini limbah minyak goreng pada lapisan tanah sehingga dapat digunakan untuk memprediksi sebaran limbah minyak goreng yang dihasilkan oleh PKL di sekitar Universitas Jember dan pengaruhnya terhadap pencemaran tanah. Perlu penelitian lebih lanjut sehingga dampak jangka panjang akumulasi limbah PKL berupa minyak goreng tidak mencemari tanah dan bahkan air tanah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai

berikut :

1. Tanah yang tercemari limbah minyak goreng memiliki nilai resistivitas 0.64 Ω m sampai 1.10 Ω m sedangkan yang belum tercemari 0.03 Ω m sampai 0.4 Ω m dan dapat dibedakan dengan baik mulai hari pertama sampai hari ke tujuh.
2. Proses pergerakan limbah minyak goreng pada lapisan tanah terjadi secara vertikal dan horizontal dan teramati dengan baik. Pada hari ketiga limbah minyak goreng mampu mencapai dasat bak dengan kedalaman 0.4 m dan pada hari ke lima limbah menyebar dari $x= 0.1$ m sampai 0.9 m sepanjang bak.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, A. T., 2010, Determination Of Subsurface Leachate Distribution Using Geoelectric Method in Kebon Kongok Waste Disposal, Gerung, West Lombok, NTB, *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Bing, Z & S.A. Greenhalg. 2000. Cross-hole Resistivity Tomography Using Different Electrode Configurations. *Geophysical Prospecting*, 48: 887-912.
- Danielsen, B. E., & T. Dahlin. 2010. Numerical modelling of resolution and sensitivity of ERT in horizontal boreholes. *Journal of Applied Geophysics*, 70(3): 245-254. <https://Availablein/10.1016/j.jappgeo.2010.01.005>.
- Darmono. 2001, *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran*, Jakarta : Institut Pertanian Bogor.
- Devianta, R, B.Legowo, & H.Purwanto. 2013. Model Laboratorium Lapangan Identifikasi Limbah Cair Menggunakan Metode Cross-Hole Geolistrik resistivitas. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 3(2), 128.
- Dhu, T & G. Heinson. 2004. Numerical and laboratory investigations of electrical resistance tomography for environmental monitoring. *Exploration Geophysics* 35: 33–40.
- Hagrey, S. A. A. 2011. C Plume Modeling in Deep Saline Reservoirs by 2D ERT in Boreholes. *The Leading Edge*, 30(1), pp. 24-33.
- Loke, M. H., 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies : A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*, Malaysia : Penang.
- Nufida, B.A, N. Kurnia, & Y. Kurniasih. 2014. Pengaruh Ukuran Serbuk pada Aktivasi Tanah Liat dari Tanak Awu Terhadap Daya Adsorpsinya pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia "Hydrogen"*, 2(2).
- Prabowo, R. E, G. Yuliyanto, & M. I. Nurwidyanto. 2006. Pemodelan Tomografi Cross-Hole Metode Geolistrik Resistivitas (Bentuk Anomali Silindris). *Berkala Fisika*. 9(1): 23-30.
- Telford, W. M., R. E. Sheris, dan L. P. Geldart, 1990, *Applied Geophysics Second Edition*. New York : Cambridge University Press.
- Wang, J., 2006, *Analytical Electrochemistry Third Edition*, England : A Jhon Wiley & Sons inc Publication.