

Delineasi Rembesan Oli Berdasarkan Nilai Resistivitas Menggunakan Metode Geolistrik di Area “X” Tana Tidung, Kalimantan Utara

¹Nobella Hadi Wibowo, ²Djayus, ³Supriyanto

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

Email : nobellahwibowo@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran limbah merupakan salah satu masalah yang harus segera diatasi. Selain berpengaruh terhadap udara dan perairan, pencemaran limbah juga dapat merembes ke bawah permukaan tanah. Salah satu penyebab pencemaran limbah di area “X” adalah kebocoran tangki penampung oli oleh sistem operasional PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) pada area tersebut. Kebocoran ini menyebabkan tetesan-tetesan oli terserap ke dalam pori-pori tanah dan masuk ke dalam bawah permukaan lalu mengendap. Untuk mengetahui apakah sisa-sisa rembesan oli masih tersisa pada area tersebut, dilakukan penelitian menggunakan metode geolistrik resistivitas. Penelitian dilakukan dengan 2 cara yaitu pengolahan secara 2 dan 3 dimensi serta menggunakan sampel *coring* sebagai pembandingan nilai resistivitas. Ada 6 titik pengambilan sampel *coring* (variasi interval 7 bagian kedalaman) yang digunakan dalam penelitian yaitu *coring* A, B, C, D, E dan F. Dari ke enam sampel, diperoleh nilai resistivitas rata-rata 2,637 Ωm pada kedalaman 0-30 cm. Selanjutnya, pada kedalaman 100-130 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 2,702 Ωm , pada kedalaman 200-230 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 3,510 Ωm , pada kedalaman 300-330 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,862, pada kedalaman 400-430 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,928 Ωm , pada kedalaman 500-530 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,610 Ωm dan pada kedalaman 600-630 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,637 Ωm . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah yang terkontaminasi limbah oli memiliki resistivitas yang lebih rendah yaitu pada kisaran 2,30 Ωm sampai dengan 3,76 Ωm .

Kata Kunci : *Coring*, Limbah Oli, Resistivitas, Geolistrik, PLTD

ABSTRACT

Waste pollution is a problem that must be addressed immediately. Apart from affecting the air and waters, sewage pollution can also seep below the ground surface. One of the causes of waste pollution in area "X" is the leakage of the oil storage tank by the PLTD (Diesel Power Plant) operational system in that area. This leak causes oil droplets to be absorbed into the pores of the soil and into the subsurface where it settles. To find out whether remnants of oil seepage remained in area "X" a study was conducted using the resistivity geoelectric method. The research was carried out in 2 ways, namely processing in 2 and 3 dimensions and using coring samples as a comparison of resistivity values. There were 6 coring sampling points (interval variation of 7 parts of depth) used in the study, namely

coring A, B, C, D, E and F. From the six samples, an average resistivity value of 2.637 Ωm is obtained at a depth of 0-30 cm. Furthermore, at a depth of 100-130 cm it has an average resistivity value of 2.702 Ωm , at a depth of 200-230 cm it has an average resistivity value of 3.510 Ωm , at a depth of 300-330 cm it has an average resistivity value of 1.862, at a depth of 400- 430 cm has an average resistivity value of 1.928 Ωm , at a depth of 500-530 cm has an average resistivity value of 1.610 Ωm and at a depth of 600-630 cm has an average resistivity value of 1.637 Ωm . The results of this study indicate that soil contaminated with waste oil has a lower resistivity, which is in the range of 2.30 Ωm to 3.76 Ωm .

Keywords : *Coring, Oil Pollution, Resistivity, Geoelectric, Diesel Power Plant*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan alam merupakan salah satu masalah yang umum terjadi di Indonesia. Tanah merupakan salah satu penampung alami dari pencemaran limbah selain udara, laut dan sungai. Pencemaran ini akan bermasalah lebih lanjut apalagi pencemaran tersebut merembes masuk ke dalam bawah permukaan tanah dan menyebar ke bawah permukaan dan secara tidak sengaja senyawa berbahaya tersebut dikonsumsi oleh manusia, hewan maupun organisme yang ada dibawah permukaan tanah [1].

Pada tahun 2017 terjadi suatu kebocoran tangki penampung oli di area "X" yang diakibatkan oleh sistem operasional PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) pada area tersebut. Kebocoran yang terjadi menyebabkan tetesan-tetesan oli terserap ke dalam pori-pori tanah dan masuk ke dalam bawah permukaan lalu mengendap.

Salah satu metode geofisika yang dapat diterapkan untuk identifikasi permasalahan pencemaran oli di bawah permukaan adalah metode geolistrik. Metode geolistrik umumnya digunakan untuk eksplorasi skala dangkal. Metode ini merupakan salah satu metode yang baik digunakan untuk mengetahui nilai resistivitas material di bawah permukaan. Diasumsikan jika nilai resistivitas batuan bawah permukaan tersebut bernilai rendah maka terdapat polutan [2]. Selain itu, dilakukan juga pengukuran laboratorium (sampel *coring*). Adapun tujuan dari

penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai resistivitas tanah yang terkontaminasi limbah oli di area "X" dan untuk mengetahui nilai resistivitas rata-rata tanah pada sampel coring kontaminan limbah oli di area "X".

2. TEORI

Minyak bumi merupakan gabungan kompleks dari senyawa organik yang terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa non-hidrokarbon yang berasal dari sisa-sisa mikroorganisme fosil tumbuhan dan binatang yang tertimbun dibawah lapisan tanah selama berjuta-juta tahun [3].

Kontaminasi minyak bumi terutama oli dapat menyebabkan zona resistivitas lemah apabila mencemari tanah pada empat bulan sampai setahun. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran sumber air tanah yang berada pada sekitar area penelitian [4].

Batuan pada umumnya memiliki sifat-sifat kelistrikan (resistivitas, konduktivitas, permeabilitas). Sifat ini dapat berbeda pada tiap batuan tergantung dari komposisi campuran penyusun batuan. Contohnya batuan dengan komposisi pasir memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai resistivitas batuan dengan komposisi lempung [5].

Tabel 1 Nilai Resistivitas Tanah.
 (Sumber : Roy E. Hunt, 1984)

Material Tanah	Resistivitas
Lempung yang sangat basah dan lembek	< 1,5
Tanah lempung basah dan lembek	1,5 – 3,0
Lempung lanauan dan lanauan basah lembek	3,0 – 15
Tanah lanauan pasiran	15 – 150
Lempung berbatu	150 – 300

Batuan yang mengandung polutan tercemar memiliki nilai resistivitas yang berbeda dibanding dengan nilai resistivitas batuan sekitarnya. Nilai resistivitas yang didapatkan bisa lebih tinggi maupun lebih rendah. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan pengaliran arus listrik dibawah permukaan dengan menggunakan elektroda-elektroda [5].

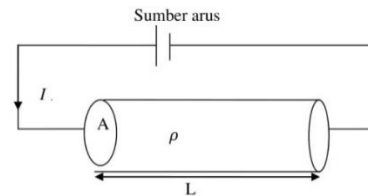
Tabel 2 Nilai Resistivitas Beberapa Jenis Limbah
 (Sumber : Sugiharto, 2008)

Jenis Limbah	Resistivitas (Ωm)	Referensi
Sampah pada pasir	41,61 – 81	Distrik, I.W
Sampah pada tanah	10,4 – 31,9	Distrik, I.W
Sampah pada campuran	17,4 – 62,7	Distrik, I.W
Polutan cair (oli) pada tanah/pasir	2,09 – 4,36	Suhendra 2005
Pasir besi pada lempung	172 – 359	Suhendra 2005
Polutan pasir	89,3 – 457	Ngadimin dan Handayan i, G 2000
Air bersih	10 – 100	Looke 2000

Dalam geolistrik digunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

- Resistansi $R = \frac{V}{I}$ dalam Ω
- Resistivitas $\rho = \frac{E}{J}$ dalam Ωm
- Konduktivitas $\sigma = \frac{I}{\rho}$ dalam $(\Omega m)^{-1}$

Jika dilihat dari suatu silinder konduktor dengan panjang $L(m)$, luas penampang $A = m^2$, dan resistivitas $\rho = (\Omega m)$.



Gambar 1 Silinder Konduktor yang Dialiri Arus Listrik I

Maka resistensi R dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

dimana rumus tersebut dapat dijabarkan dengan pengertian jika silinder konduktor (L) dipanjangkan, maka resistensi akan meningkat dan apabila luas penampang (A) berkurang maka resistensi juga meningkat. Dimana tahanan jenis adalah resistivitas dalam Ωm dan J adalah rapat arus ($\frac{A}{m^2}$) dan E adalah medan listrik [5].

Pengukuran nilai resistivitas di laboratorium dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik I yang berasal dari aki yang dialirkan ke sampel coring sepanjang L . Rangkaian yang teraliri arus listrik I kemudian dibangkitkan dengan kuat medan listrik \vec{E} yang mengalir sejajar dengan arah vektornya dan sejajar pula dengan arah vektor dari rapat arus \vec{J} dan vektor normal permukaan $d\vec{A}$ pada sampel coring. Elemen arus dl yang melalui luas $d\vec{A}$ (m^2) dengan rapat arus \vec{J} (A/m^2) adalah:

$$dl = \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

atau untuk kasus pengukuran di laboratorium dianggap seperti berikut :

$$I = \vec{J} \cdot \hat{A} \quad (3)$$

Seperti yang telah diketahui jika

hukum Ohm menghubungkan antara rapat arus \vec{J} (A/m^2) dengan medan listrik \vec{E} (V/m) menurut persamaan :

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (4)$$

dengan konduktivitas $\sigma(\Omega m)^{-1}$ memenuhi persamaan :

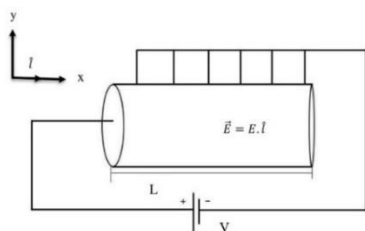
$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

dan kuat medan listrik memenuhi :

$$\vec{E} = \frac{V}{x} \text{ (Volt/m)} \quad (6)$$

dengan x adalah panjang sampel *coring* yang diukur di laboratorium dalam rangkaian Gambar 2. Penggabungan dari persamaan (3), persamaan (5), persamaan (6) yang disubstitusikan ke persamaan (4) menjadi :

$$V = \left(\frac{\rho l}{A}\right) x \quad (7)$$



Gambar 2 Rangkaian Arus yang Dialirkan pada Sampel *Coring*

Dari persamaan (7) didapatkan nilai kemiringan (*slope*) dari pengambilan data. Dalam persamaan tersebut diperoleh nilai resistivitas yaitu :

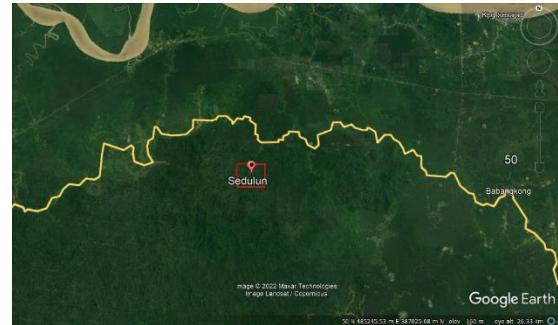
$$\rho = \frac{mA}{I} \quad (8)$$

dengan m adalah *slope*, A adalah luas penampang sampel (m^2) dan I adalah kuat arus listrik (ampere).

3. METODE PENELITIAN

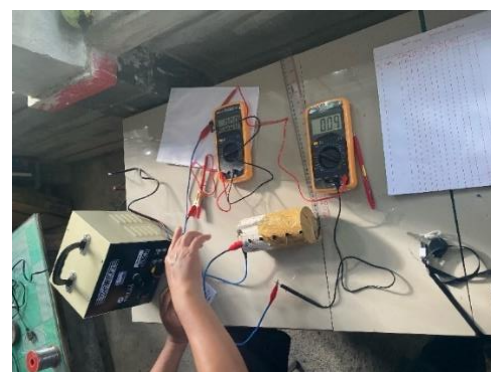
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2022 di Laboratorium Geofisika FMIPA Universitas Mulawarman dan didukung data pengukuran geolistrik resistivitas di area “X” Tana Tidung, Kalimantan Utara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Penelitian ini menggunakan dua jenis data yang yaitu data geolistrik di lapangan dan data sampel *coring* hasil dari pengukuran geolistrik resistivitas.



Gambar 3. Area “X” Tana Tidung, Kalimantan Utara (Sumber: *Google Earth*)

Prosedur pengolahan data pada penelitian ini pertama pada sampel *coring* dibelah menjadi 3 bagian yang kemudian bagian tengah dipisahkan untuk diamati sampel secara lebih lanjut. Pipa sampel *coring* dihubungkan dengan dua multimeter yang difungsikan sebagai pengukur nilai arus listrik dan nilai tegangan listrik. Sumber arus dalam pengukuran digunakan aki sebagai sumber arus utama. Nilai arus dan tegangan kemudian dapat dilihat dari multimeter yang terhubung. Nilai tersebut dimasukkan ke dalam tabel data perhitungan.



Gambar 4. Rangkaian Pengukuran Resistivitas pada Pipa Sampel *Coring*

Pengolahan data geolistrik dari data M.A.E *main unit* dipindahkan dan diinput melalui *notepad* dan diubah menjadi jenis format (.dat). Data tersebut kemudian dapat diolah secara lebih lanjut untuk menampilkan data secara 2 dimensi lalu hasil yang didapatkan dilakukan digitasi untuk mendapatkan nilai x, y, z nilai resistivitas semu dan nilai *chargeability* di

setiap kedalaman. Nilai digitasi diolah kembali untuk memperoleh kontur resistivitas (penampang secara horizontal) berbentuk 3 dimensi. Penampang 3 dimensi berfungsi untuk melihat arah penyebaran, luas dan volume area terkontaminasi limbah.




Hasil data yang telah didapatkan di laboratorium dan di lapangan kemudian diinterpretasikan untuk memperkirakan jenis batuan dengan cara pengamatan secara fisik dan nilai resistivitas dengan Tabel 1.


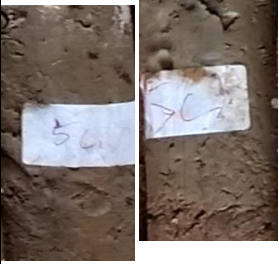


Untuk mengetahui kedudukan kontaminan oli dapat dilakukan dengan membandingkan nilai resistivitas dan hasil penampang 2D dan model 3D kemudian dibandingkan dengan nilai resistivitas pada sampel *coring* dan dikorelasikan dengan nilai limbah pada Tabel 2.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan sampel *coring* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Litologi batuan pada sampel C

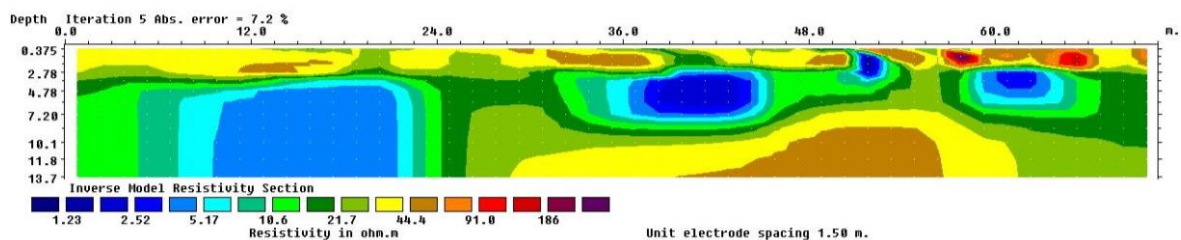
Kedalaman (cm)	Foto Sampel	Resistivitas rata-rata (Ωm)	Deskripsi Geologi Fisik
0,0-30,0		1,682	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat merah tua • Bagian atas rapuh dan kurang padu semakin dalam Basah dan lembek, berair dan padu • Ukuran butir halus dan sangat halus • Tanah lempung basah dan lembek
100 - 130		1,717	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat merah tua • Basah, lembek berair dan padu • Ukuran butir halus dan sangat halus • Tanah lempung basah dan lembek
200 - 230		12,501	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat, kemerahan • Basah, lembek dan tidak padu • Ukuran butir halus dan agak halus • Lempung lanauan dan lanauan basah lembek

300 - 330		1,958	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat kemerahan • Basah, lembek berair dan padu • Ukuran butir halus dan sangat halus • Tanah lempung basah dan lembek
400 – 430		1,665	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat kehitaman • Basah, lembek berair dan padu • Ukuran butir halus dan sangat halus • Tanah lempung basah dan lembek
500 – 530		1,189	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat kehitaman • Basah, lembek berair dan padu • Ukuran butir halus dan sangat halus • Lempung, sangat basah dan lembek
600 – 630		1,807	<ul style="list-style-type: none"> • Warna coklat kehitaman • Basah, lembek berair dan padu • Ukuran butir halus dan sangat halus • Tanah lempung basah dan lembek

Dalam penelitian ini, dilakukan penentuan lapisan kontaminan oli yang memiliki karakteristik nilai resistivitas yang rendah. Hasil dari data lintasan 1-5 yang terdiri dari 24 elektroda dengan jarak

antar elektroda sebesar 5 meter.

Berikut adalah hasil dari pengolahan kontur resistivitas berupa sebaran hasil nilai resistivitas di setiap lintasan.



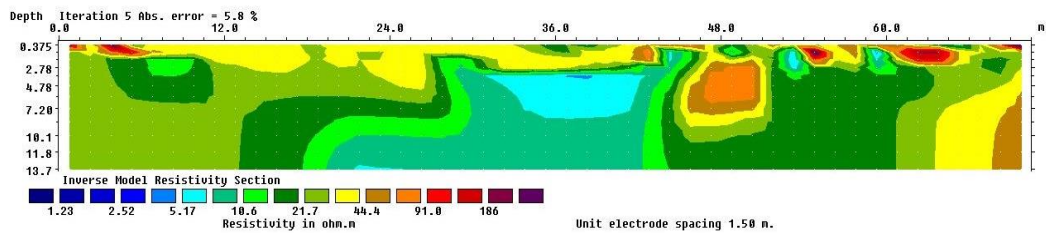
Gambar 6. Hasil Permodelan Resistivitas Lintasan 1

Gambar 6 merupakan penampang 2D pada Lintasan 1. Data yang sudah diolah lebih lanjut sehingga mendapatkan hasil

inversi dengan rentang nilai dari 1,23 s.d. 186 Ω m dengan nilai kedalaman maksimum sampai dengan 13,7 meter. Pada

lintasan 1 tidak terlihat adanya kontaminan dari limbah oli. Nilai resistivitas yang

rendah diindikasikan akibat adanya genangan air pada lintasan .

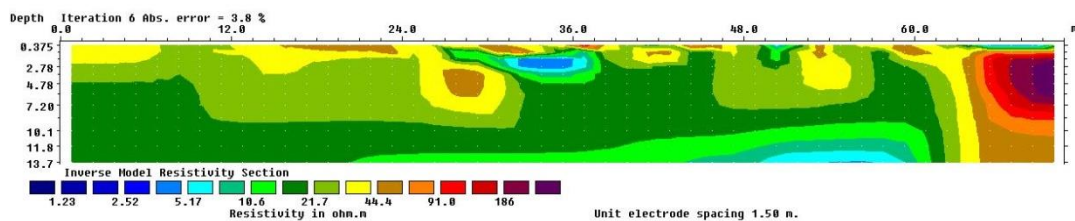


Gambar 7. Hasil Permodelan Resistivitas Lintasan 2

Gambar 7 menunjukkan tidak terlihat adanya indikasi kontaminan dari limbah oli seperti pada Lintasan 1. Hal yang sama juga ditunjukkan pada Lintasan 4 dan 5.

Hal ini dapat dilihat dari perbandingan sampel *coring* A s.d. sampel

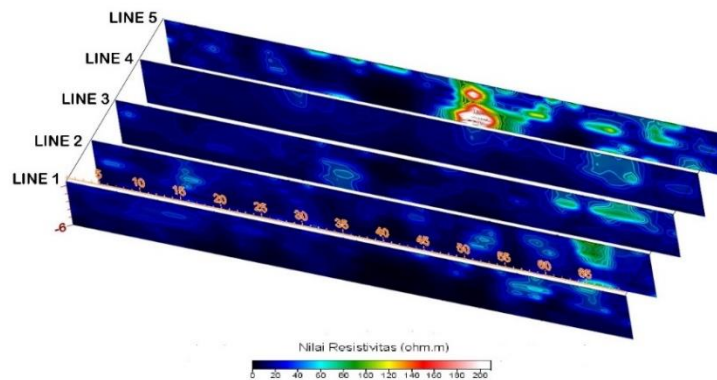
coring C memiliki nilai resistivitas rata-rata rendah dikarenakan pada area pengambilan sampel *coring* A merupakan area yang tergenang air yang sesuai dengan deskripsi data *coring* sampel A sampai *coring* C butiran tanah padu, basah dan lembek berair yang diindikasikan sebagai tanah lempung lanau yang mengandung air.



Gambar 8. Hasil Permodelan Resistivitas Lintasan 3

Gambar 8 menunjukkan adanya indikasi kontaminan dari limbah oli. Hal ini diketahui dari nilai resistivitas yang rendah dan pada lintasan 3 merupakan lintasan dimana area awal terjadinya kebocoran. Pada sampel *coring* D terlihat pada kedalaman 100-130 cm memiliki nilai resistivitas 2,138 Ω m dan pada kedalaman 200-230 cm memiliki nilai resistivitas 2,005 Ω m. Pada sampel *coring*

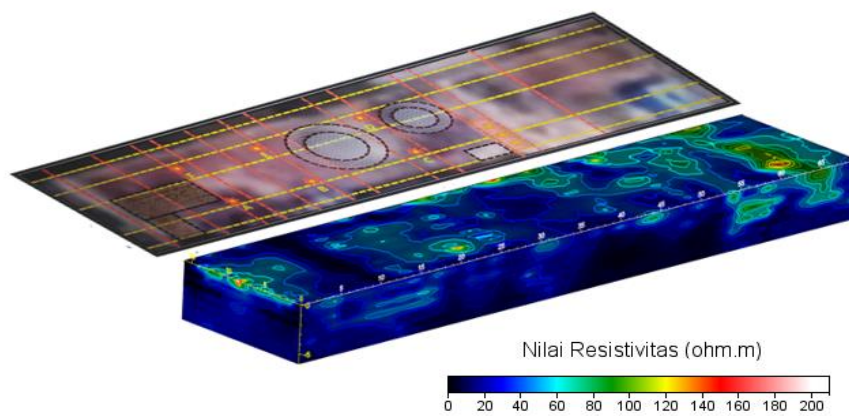
E dengan kedalaman 0-30 cm memiliki nilai resistivitas 3,832 Ω m, sedangkan dengan kedalaman 300-330 cm memiliki nilai resistivitas 2,785 Ω m dan pada kedalaman 400-430 cm memiliki nilai resistivitas 2,389 Ω m. Sehingga nilai resistivitas rendah dari korelasi data pada model inversi dan pada pengolahan data *coring* tersebut dapat diindikasikan sebagai indikasi kontaminan oli.



Gambar 9. Hasil Permodelan Resistivitas Seluruh Lintasan 1 – 5.

Gambar 9 merupakan hasil resistivitas pada setiap lintasan yang kemudian digabung dengan hasil pemodelan *cross* untuk dibuat bentuk 3

dimensi. Bentuk lintasan 1 sampai dengan 5 menampilkan bentuk tiap lapisan per-*line*.



Gambar 10 Hasil Pemodelan Resistivitas Model 3 Dimensi dan Peta

Berdasarkan hasil resistivitas pada lintasan 1 sampai lintasan 5, saat hasil pemodelan dibuat sejajar maka hasil yang didapatkan beserta perbedaan tiap lintasan. Perbedaan tersebut dihasilkan karena lintasan tersebut jauh dari titik daerah awal terjadinya kebocoran sehingga saat diolah dengan bentuk pemodelan maka hasil dibawah permukaan dapat diindikasikan sebagai daerah tanah berlempung dan dominan dengan air. Perbedaan lapisan tanah yang terkontaminasi dan lapisan tanah biasa dapat diamati secara lebih lanjut jika dilakukan pengolahan data secara keseluruhan.

Daerah yang dapat diindikasikan sebagai daerah yang terkontaminasi oli rata-rata berada pada area yang dekat dengan sumber (titik-titik) awal terjadinya kebocoran yang dimana kontaminan oli tersebut sudah bercampur dengan airtanah. Berdasarkan hasil dari pengolahan data geolistrik, nilai resistivitas yang diduga merupakan kontaminan oli relatif rendah yaitu berada pada kisaran 2 - 4,36 Ω m.

Selanjutnya nilai resistivitas dikorelasikan dengan litologi batuan (deskripsi dan resistivitas rata-rata) batuan sampel *coring*. Dari hasil *coring* batuan pada area penelitian tersebut dapat dibandingkan serta dikorelasikan model 2D

dan 3D dengan data pengukuran resistivitas di laboratorium seperti pada Gambar 4.

Sebaran kontaminan limbah yang tidak merata diakibatkan oleh lapisan tanah lempung yang memiliki tekstur dengan struktur rapat dan halus, sehingga rendah kemampuan batuan lempung untuk meloloskan sejumlah fluida kontaminan sehingga menyebabkan fluida terperangkap. Sebaran kontaminan hanya terlihat pada sekitar area awal terjadinya kebocoran dimana pada hasil yang didapatkan diindikasikan bahwa kontaminan tersebut bercampur dengan airtanah sehingga memperlihatkan nilai resistivitas yang rendah.

Adapun untuk nilai yang dihasilkan memiliki resistivitas rendah pada lintasan-lintasan yang jauh dari sumber awal kebocoran dapat disimpulkan bahwa nilai rendah tersebut dihasilkan akibat adanya genangan air pada daerah lintasan yang berasal dari pipa-pipa aliran air pada area penelitian serta genangan air akibat hujan yang terjadi sebelum dilakukan pengambilan data di lapangan.

Hasil pemodelan resistivitas kemudian diidentifikasi lapisan batuan bawah permukaan dengan melihat pencocokan nilai resistivitas tanah menurut Roy E. Hunt.

5. KESIMPULAN

Resistivitas sampel *coring* pada 6 titik (variasi interval 7 bagian kedalaman) diperoleh nilai resistivitas sebagai berikut : pada sampel *coring* A s.d *coring* F pada kedalaman 0-30 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 2,637 Ωm , pada kedalaman 100-130 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 2,702 Ωm , pada kedalaman 200-230 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 3,510 Ωm , pada kedalaman 300-330 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,862, pada kedalaman 400-430 cm memiliki nilai resistivitas rata-

rata 1,928 Ωm , pada kedalaman 500-530 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,610 Ωm dan pada kedalaman 600-630 cm memiliki nilai resistivitas rata-rata 1,637 Ωm . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah yang terkontaminasi limbah oli memiliki resistivitas yang lebih rendah yaitu pada kisaran 2,30 Ωm sampai dengan 3,76 Ωm .

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada keluarga dan teman-teman penulis yang banyak membantu dalam menyelesaikan studi dan penulisan jurnal ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Juandi, M. 2002. *Aplikasi Metode Geolistrik Dalam Menganalisis Distribusi Limbah Kelapa Sawit*. Jurnal Natur Indonesia 5(2): 119-123 (2003), 5.
- [2] Ngadimin & Handayani, G. 2000. *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Alat Monitoring Rembesan Limbah*. Journal of Mathematical Science, 2(6).
- [3] Speight, J.G. 1991. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. Marcel Dekker Inc: New York.
- [4] Egai, A.O. & Imasuen, O.I. 2013. *Goelectric Characterization of Subsurface Crude Oil Leachate Plume in Aguobiri, Southern Nigeria*. Research Journal in Engineering and Applied Sciences, 2(6): 427-433.
- [5] Hendrajaya, L. & Arif, I. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung: Laboratorium Fisika BUMI ITB.
- [6] Roy, E. Hunt. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. Mc Graw Hill: New York.