

APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS 2D UNTUK IDENTIFIKASI PENYEBARAN LIMBAH CAIR

Ida Ayu Meitri Wijayantari

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mahendradatta
Jl. Ken Arok No.12, Peguyangan, Denpasar, Bali 80115
Email: gekmeitri@yahoo.com

Abstrak – *Pencemaran lingkungan 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 minum. Kurangnya kesadaran masyarakat akan bahaya limbah yang dapat mencemari lingkungan karena dampak limbah cair industri tidak langsung dapat dirasakan. Identifikasi pencemaran limbah dapat dilakukan dengan metode geolistrik. Penelitian ini mengenai pemodelan fisis aplikasi metode geolistrik tahanan jenis 2-D untuk pemantauan masalah lingkungan yaitu pencemaran limbah cair dengan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis memakai konfigurasi elektroda Dipole-dipole. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi penyebaran polutan cair (oli bekas) dengan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis 2D dan menentukan batas daerah yang terkontaminasi. Alat yang digunakan yaitu Resistivitymeter tipe G-Sound (GL-4100) dan bahan polutan cair yang digunakan yaitu oli bekas. 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 Ωm serta dari penampang (pseudosection) geolistrik terlihat batas atau daerah yang terkontaminasi oleh limbah cair.*

Kata kunci : Tahanan Jenis; Pencemaran limbah; pemodelan fisis

Abstract – *Environmental pollution caused by industrial waste becomes a major problem, if the waste is seeping into the soil and polluting the ground water consumed by humans, animals and other organisms. Degradation of ground water quality can effect the fulfillment of people's need for drinking water. The lack of public awareness of the dangers of waste that can pollute the environment because of the indirect impacts of industrial liquid waste can be felt. Identification of waste pollution can be done by geoelectric method. This research is about physical modeling of 2D geoelectric method for monitoring environmental problem ie liquid waste pollution by using geolistrik type resistance method using Dipole-dipole electrode configuration. The purpose of this study was to identify the spread of liquid pollutants (used oil) using the 2D type resistance geoelectric method and determine the boundaries of the contaminated area. Tools used area type Resistivitymeter G-Sound (GL-4100) and liquid pollutant material used is used oil. The data processing is processed by using the software RESDinv ver 3.3 and obtained the resistance value of the type of medium contaminated by the liquid waste from the geoelectric data type resistance is 0,962 - 12,4 Ωm and from the geoelectric section visible border or area contaminated by liquid waste.*

Keywords: resistivity, waste pollution, physical modeling

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah baik limbah industri maupun limbah rumah tangga, merupakan salah satu masalah yang dihadapi oleh negara berkembang seperti Indonesia. Umumnya limbah yang dibuang akan berpengaruh pada suatu lingkungan (Mahida 1981). Limbah tersebut dapat dikategorikan limbah berbahaya maupun tidak berbahaya. Pembuangan limbah

berbahaya akan menjadi persoalan besar bila air yang dikonsumsi oleh manusia, hewan, dan organisme tercemar limbah yang mengandung senyawa berbahaya.

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 tau lebih besar dari tekanan atmosfer. Air tanah terbagi atas 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. Air tanah dalam, terdapat setelah lapisan kedap air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam harus menggunakan bor lalu memasukkan pipa sampai kedalaman 100 – 300 m (Hefni,2003).

Air tanah perlu dijaga kelestariannya karena besarnya kebutuhan air untuk mencukupi kebutuhan makhluk hidup. Berbagai upaya pelestarian terhadap air tanah belum sepenuhnya dipahami oleh masyarakat sehingga masih banyak kegiatan masyarakat yang membuat kualitas air tanah menurun. Kualitas air tanah dalam hal ini meliputi keadaan fisik, kimia dan biologi. Pencemaran lingkungan khususnya air tanah merupakan bentuk dari penurunan kualitas air tanah. Hal tersebut menyebabkan sulitnya mendapatkan air bersih. Pada skala nasional ketersediaan air bersih, hingga kini baru sekitar 60% artinya masih ada 40% atau 90 jutaan rakyat Indonesia terpaksa menggunakan air yang tidak layak untuk keperluan sehari-hari (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 warna. Kurangnya kesadaran masyarakat akan bahaya limbah cair yang dapat mencemari lingkungan karena dampak limbah cair industri tidak secara langsung dirasakan.

Salah satu metoda yang banyak dipakai dalam eksplorasi geofisika adalah metoda geolistrik. Metoda ini melibatkan pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi arus. Salah satu metode geolistrik yaitu geolistrik tahanan jenis atau metoda resistivity (Soininen 1985).

Kemungkinan distribusi limbah dalam air dapat dilakukan dengan pengukuran resistivitas listrik. 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. Derajat keasaman limbah dinyatakan dengan pH, yang merupakan parameter kondisi limbah, dan derajat keasaman tersebut ditetapkan menggunakan pH meter (Anonim 2001).

Biasanya limbah tersebut dibuang ke suatu tempat dan akan mempengaruhi lingkungan tempat limbah tersebut dibuang. 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. Karakteristik limbah berdasarkan sifat fisika yaitu meliputi suhu, kekeruhan, bau dan rasa, sedangkan berdasarkan sifat kimia meliputi kandungan bahan organik, protein, BOD, dan sifat biologi meliputi kandungan bakteri patogen dalam air limbah (Wibisono 1995). Limbah industri dapat digolongkan kedalam tiga kelompok yaitu limbah cair, limbah padat dan limbah gas yang dapat mencemari

lingkungan sekitar pabrik (Djajadiningrat & Harsono 1990)

Metoda geolistrik dapat dimanfaatkan untuk studi masalah lingkungan, 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 perangkat dan teknik pengukuran yang dapat menghasilkan citra konduktivitas (atau resistivitas) bawah permukaan dengan resolusi tinggi secara tepat dan cepat.

Identifikasi pencemaran limbah dapat dilakukan dengan metoda geolistrik, ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda potensial yang berada di tempat lain. Perbedaan potensial yang terukur merefleksikan keadaan di bawah permukaan bumi. Pada dasarnya metoda ini didekati dengan menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak kesegala arah dengan nilai yang sama besar.

Berdasarkan asumsi tersebut, maka bila terdapat anomali yang membedakan jumlah rapat arus yang mengalir diasumsikan diakibatkan oleh adanya perbedaan akibat anomali tahanan jenis. Anomali ini nantinya digunakan untuk merekonstruksi keadaan geologi di bawah permukaan. Perbedaan konfigurasi elektroda, variasi tahanan jenis spesifik yang diselidiki, prosedur ini dapat memperoleh data yang sangat menentukan dalam pemakaian metoda ini. Limbah cair mempunyai konduktivitas lebih besar dibandingkan dengan air atau mempunyai resistivitas yang rendah (Suhendra, 2006).

Metoda tahanan jenis mempunyai dua macam pendekatan, yaitu pendekatan horisontal dan pendekatan vertikal, kedua pendekatan ini mempunyai prosedur kerja

dan interpretasi yang berbeda antara satu sama lainnya. Metoda tahanan jenis pendekatan horisontal dimaksudkan sebagai eksplorasi metoda tahanan jenis untuk mendeteksi lapisan atau formasi batuan yang mempunyai kedudukan stratigrafi bidang lapisan yang membentang secara horisontal. Sedang eksplorasi dilakukan untuk mempelajari urutan stratigrafi batas lapisan secara vertikal dari atas sampai bawah.

Seperi 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 masalah lingkungan ini sehingga 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 diketahui pola penyebaran rembesan limbah dalam tanah yang mempengaruhi kuaitas air tanah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran nilai resistivitas limbah oli dalam tanah. Penelitian ini lebih difokuskan ke limbah cair yaitu oli yang nantinya akan dilakukan identifikasi dengan pendekatan metoda geolistrik resistivitas.

Pada penelitian ini menggunakan metoda geolistrik konfigurasi Dipole-dipole untuk penelitian skala laboratorium, dengan C_1 dan C_2 adalah elektroda-elektroda arus, P_1 dan P_2 adalah elektroda-elektroda potensial, a adalah spasi elektroda, n adalah perbandingan jarak antara elektroda C_1 dan P_1 dengan spasi a . Pada konfigurasi Dipole-dipole, dua elektrode arus dan dua elektrode potensial ditempatkan terpisah dengan jarak na , sedangkan spasi masing-masing elektrode a . Pengukuran dilakukan dengan memindahkan elektrode potensial pada suatu penampang dengan elektrode arus tetap, kemudian pemindahan elektrode arus pada spasi n berikutnya diikuti oleh pemindahan elektrode potensial sepanjang lintasan seterusnya hingga

pengukuran elektrode arus pada titik terakhir di lintasan itu. Faktor geometri untuk konfigurasi Dipole-dipole adalah (Telford, 1990).

$$K = n(n+1)(n+2)\pi a \quad (1)$$

Sehingga berlaku hubungan,

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

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian model fisis yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram, untuk mengamati rembesan limbah di bawah permukaan medium berdasarkan anomali nilai resistivitas medium. Tempat pengambilan data merupakan model fisis berupa bak kaca.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian bawah permukaan yaitu Resistivimeter 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).



Gambar 1. Resistivimeter tipe G-Sound (GL-4100) (*Geoelectrical Imaging*, 2004).

Teknik Pengambilan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data resistivitas dari medium yang telah diinjeksi kita dapat membandingkan antara medium yang belum terkontaminasi dengan medium yang telah terkontaminasi oleh limbah polutan cair. 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 elektroda potensial sepanjang lintasan seterusnya hingga pengukuran elektroda arus pada titik terakhir di lintasan. Adapun tahap pengambilan data sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian demi kelancaran pelaksanaan penelitian. Beberapa persiapan sebelumnya yang dianggap dapat mendukung kelancaran pengukuran antara lain :

- Disiapkan bak kaca yang akan digunakan sebagai tempat pengukuran
- Alat terlebih dahulu di uji coba dengan mengukur resistivitas tanah terlebih dahulu dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - a. Terlebih dahulu dipasang patok-patok pada lintasan pengukuran agar lebih mudah dalam pengaturan bentangan elektroda
 - b. Diatur bentangan elektroda arus dan elektroda potensial jarak spasi elektroda 5 cm
 - c. Disusun rangkaian alat resistivimeter
 - d. Dicatat arus listrik (I) dan beda potensial (V) antara dua titik elektroda

2. Tahap pengukuran

Teknik pengukuran dilakukan dengan menggunakan konfigurasi Dipole-dipole. Beberapa tahapan akuisisi yang dilakukan adalah :

- a. Disusun rangkaian alat Resistivimeter
- b. Dipasang patok-patok terlebih dahulu dan diberi nomor, pada lintasan pengukuran agar lebih

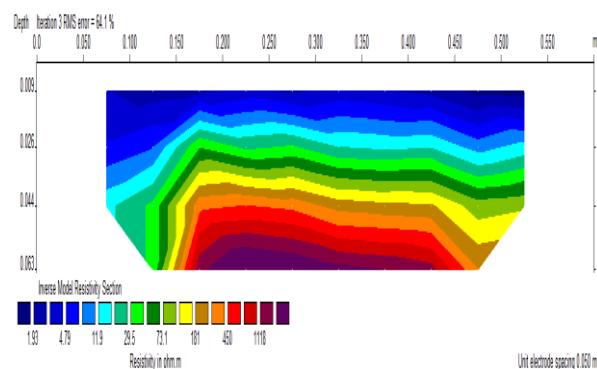
- mudah dalam pengaturan bentangan elektroda
- c. Diatur bentangan elektroda arus dan elektroda potensial
 - d. Diaktifkan resistivimeter, kemudian alirkan arus listrik ke dalam pasir melalui kabel konektor penghubung dan elektroda
 - e. Pengukuran dilakukan pada lintasan kemudian dicatat arus listrik (I) dan beda potensial (V) yang terbaca pada multimeter
 - f. Penginjeksian dilakukan pada medium yang sudah dituangkan limbah cair
 - g. Dicatat hasil pengamatan yang terbaca pada multimeter ,di table pengamatan

Pengolahan Data

Perhitungan data dengan persamaan 2, akan diperoleh nilai apparent resistivity pada masing-masing titik ukur. Selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan program RES2DINV ver 3.3 untuk melihat penampang tahanan jenis dari medium yang digunakan selama penelitian serta anomaly yang mengidentifikasi terdapatnya rembesan polutan di bawah permukaan.

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 :

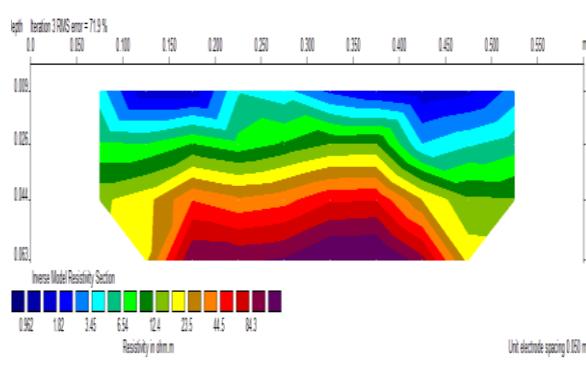


Gambar 2. Penampang resistivitas 2D sebelum tersebar limbah oli

Nilai tahanan jenis tanah lempung tanpa limbah yang merupakan pembanding antara medium yang terkontaminasi

- h. Dilulangi langkah – langkah di atas dengan mengubah jarak spasi masing-masing elektroda
- i. Pengukuran dilakukan dengan memindahkan elektrode potensial pada suatu penampang dengan elektrode arus tetap, kemudian pemindahan elektrode arus pada spasi n berikutnya diikuti oleh pemindahan elektrode potensial sepanjang lintasan seterusnya hingga pengukuran elektrode arus pada titik terakhir di lintasan.

dengan yang belum terkontaminasi yang merupakan hasil pengukuran arus dan potensial listrik dapat terlihat pada gambar 2. Dari hasil penampang geolistrik tanpa limbah terdapat nilai tahanan jenis berkisar antara 1,93 – 1118 Ωm yang diinterpretasikan berupa air, ini dapat diyakini karena bagian tengah-tengah bak kaca pasir terlihat masih basah.



Gambar 3. Penampang resistivitas 2D setelah tersebar limbah oli

Nilai tahanan jenis pasir yang diinjeksikan polutan cair yang merupakan hasil pengukuran arus dan potensial listrik pada Gambar 3. Polutan cair (oli) yang diinjeksikan sebanyak 500 mL yang ditumpahkan ditengah-tengah bak kaca 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 Ω m, dimana terlihat dari Gambar .2 bahwa limbah 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 Ω m ini di interpretasikan merupakan pasir besi yang terdapat pada medium tanah lempung (clay sand) yang digunakan.

Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa limbah oli mempunyai nilai resistivitas yang lebih kecil dibandingkan dengan air yang memiliki resistivitas yang lebih besar, dengan kata lain bahwa nilai konduktivitas oli lebih besar dari nilai konduktivitas air.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penampang geolistrik tahanan jenis 2-D terlihat adanya polutan limbah cair yang ditunjukkan dengan nilai tahanan jenis 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 Ω 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 skunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1997. Pedoman Brevet Dasar – I Pabrik. Jakarta: Astra Agro Lestari
- Djajadiningrat, S.T. & Harsono, H. 1990. Penilaian secara cepat sumber-sumber pencemaran air, tanah dan udara. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mahida, U.N. 1981. Water pollution and disposal of waste water on land. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Suhendra. 2006. Pencitraan konduktivitas Bawah Permukaan dan Aplikasinya Untuk Identifikasi Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2D. Jurnal Gradien Vol.2 No.1 Januari 2006 : 105-108
- Soininen, H. 1985. The behavior of the apparent resistivity phase spectrum in the case of two polarized media. J. Geophysics 50: 810-819.
- Telford,W.M., L.P. Geldart and R.E. Sheriff, Applied Geophysics : Second Edition, 1990, Cambridge University Press, USA, 522-538.
- Van, G.P., Park, S.K., Hamilton, P., Monitoring leaks from storage 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). 2nd Ed. New York: Marcel Dekker. 1995.
- Wibisono, G. 1995. Sistem pengelolaan dan pengolahan limbah domestik. J. Science 27: 25-34.