

PEMODELAN FISIK UNTUK MONITORING KEBOCORAN PIPA AIR DENGAN METODE GEOLISTRIK

Arie Mudiarto, Supriyadi, Sugiyanto

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima November 2012
Disetujui November 2012
Dipublikasikan Mei 2013

Kata kunci:
Geolistrik
Pemodelan Fisik

Abstrak

Pipa adalah istilah untuk benda silinder yang berlubang dan digunakan untuk memindahkan zat hasil pemrosesan seperti cairan, gas, uap, zat padat yang dicairkan maupun serbuk halus. Pada PDAM misalnya, seringkali terjadi kebocoran pipa sehingga menghambat proses distribusi air. Dalam pengukuran dan akusisi data geolistrik di lapangan diperlukan pengalaman dan pengetahuan tentang konfigurasi yang tepat dalam menganalisis penampakan kondisi geologi yang ada. Oleh karena itu diperlukan suatu pemodelan untuk mempermudah melakukan pendugaan dan analisis dari permasalahan di lapangan. Pemodelan yang dilakukan berada pada bak kaca berukuran 150 cm X 104 cm X 45 cm. Hasil inversi 2-D menggunakan software Res2DInv32 menunjukkan bahwa monitoring kebocoran pipa dalam medium tanah skala model dapat dideteksi dengan menggunakan metode resistivitas konfigurasi Schlumberger. Hasil inversi menggunakan software Res2DInv32 menunjukkan bahwa nilai terukur pada percobaan pertama berkisar 5295 m dengan kedalaman ± 10 cm dan ± 15 cm (belum bocor pada keadaan pertama), Nilai pipa yang terukur sekitar 73283 m dengan kedalaman pipa ± 15 cm (sudah bocor di tandai dengan turunnya nilai tanah). Nilai yang ditunjukkan pada gambar yaitu sekitar 84981 m pada kedalaman (belum bocor keadaan kedua). Nilai resistivitas pipa yang terukur berkisar 91824 m pada kedalaman (sudah bocor pada keadaan kedua).

Abstract

Pipe is a term for a hollow cylindrical body and used to remove substance processing such as liquid, gas, vapor, liquid or thawed solid substance as well as fine powder. On the taps for example, pipe soften leak so that impede the process of water distribution. In measurement and data acquisition of geoelectric required experience and knowledge of the exact configuration in analyzing the appearance of the existing geologic conditions. We need a modeling to easy making estimation and analysis of problem in the field. Modeling was performed in a glass tub in size of 150 cm X 104 cm X 45 cm. The result of 2-D inversion uses software Res2DInv32 indicates that the monitoring of leak pipe in medium-scale soil model can be detected using resistivity configuration of Schlumberger method. The value of the inversion using software Res2DInv32 shows that the first measured is about 5295 m to a depth of ± 10 cm and ± 15 cm (not leak in the first state), the measured value of pipe approximately 73283 m to a depth of ± 15 cm (already leaked and is marked by falling of value of soil). value that shown in picture is about 84981 m in a depth of ± 20 cm (not leak in the second state). Resistivity value of measured pipe 91824 m in depth ± 20 cm (already leaked in the second state).

© 2012 Universitas Negeri Semarang

PENDAHULUAN

Pipa adalah istilah untuk benda silinder yang berlubang dan digunakan untuk memindahkan zat hasil pemrosesan seperti cairan, gas, uap, zat padat yang dicairkan maupun serbuk halus. Material yang digunakan sebagai pipa sangat banyak diantaranya adalah: beton cor, gelas, timbal, kuningan, tembaga, plastik, aluminium, besi tuang, baja karbon, dan baja paduan.

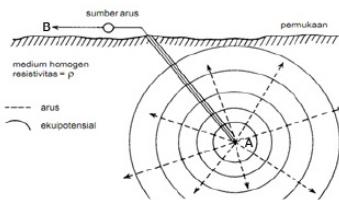
Dalam perkembangan teknologi dan industri sekarang ini penggunaan pipa semakin banyak dibutuhkan. Penggunaan pipa dimanfaatkan sebagai pelindung kabel telepon, kabel listrik, terutama bahan distribusi saluran air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), dan sebagainya. Supaya penggunaan pipa dapat optimal diperlukan perawatan dan perbaikan secara berkala. Adanya ketidaktahanan pipa yang sudah ada di dalam tanah, seringkali menimbulkan masalah seperti pecahnya pipa dan lain-lain (Zubaiddah dan Kanata, 2008 : 84).

Pada PDAM misalnya, seringkali terjadi kebocoran pipa sehingga menghambat proses distribusi air. Untuk mengetahui letak kebocoran pipa yang ditanam dalam tanah saat melakukan perawatan dan perbaikan diperlukan pengetahuan untuk mendeteksi keberadaan pipa tersebut. Dalam perkembangan ilmu geofisika telah ditemukan metode geolistrik yaitu suatu metode untuk pendekatan dalam tanah dengan mengukur sifat kelistrikan batuan. Metode geolistrik diharapkan dapat digunakan untuk pendekatan kebocoran dan keberadaan pipa.

Dalam pengukuran dan akuisisi data geolistrik di lapangan diperlukan pengalaman dan pengetahuan tentang konfigurasi yang tepat dalam menganalisis kondisi geologi yang ada. Oleh karena itu diperlukan suatu pemodelan untuk mempermudah melakukan pendekatan dan analisis dari permasalahan di lapangan. Pemodelan dilakukan dengan menirukan ruang atau daerah dimana peristiwa tersebut terjadi dengan skala laboratorium. Pada penelitian sebelumnya, geolistrik telah digunakan untuk mendeteksi keberadaan pipa di dalam tanah dalam skala model, seperti yang dilakukan oleh Frinsyah Virgo (2002). Penelitian tersebut masih terbatas pada pendekatan keberadaan pipa yang berongga.

Salah satu dasar utama untuk mengembangkan model adalah guna menemukan peubah-peubah apa yang penting dan tepat. Penemuan peubah-peubah tersebut sangat erat hubungannya dengan pengkajian hubungan hubungan yang terdapat di antara peubah-peubah. Dalam hal ini peubah-peubah tersebut saling bergantung. Terjadinya perubahan dari salah satu peubah dapat mempengaruhi hal lainnya. Simulasi adalah metode pelatihan yang memeragakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan sesungguhnya (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2008 :1310). Pada simulasi terdapat suatu proses merancang model matematis dari sistem, selanjutnya melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk menggambarkan, menjelaskan dan memprediksi kelakuan dari sistem.

Pendekatan paling sederhana dalam pembahasan gejala kelistrikan di dalam bumi adalah dengan menganggap bumi sebagai medium homogen isotropis. Dengan perlakuan tersebut medan listrik dari titik sumber di dalam bumi dianggap memiliki simetri bola. Harga resistivitas listrik suatu formasi di bawah permukaan dapat ditentukan menurut Persamaan 1.



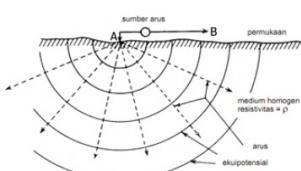
Gambar 1. Titik Arus di Dalam Bumi

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad (1)$$

Permukaan bumi yang dialiri arus listrik merupakan daerah dengan luas $\frac{1}{2}$ bola seperti ditunjukkan pada Gambar 1 sehingga

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad \text{atau}$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2)$$

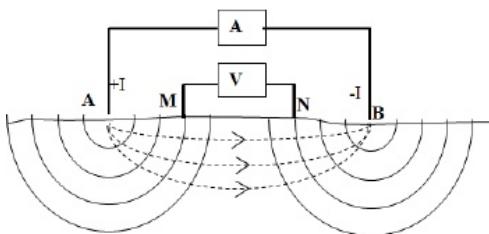


Gambar 2. Penampang vertikal ketika arus diinjeksikan pada permukaan yang seragam

Untuk pengukuran beda potensial antara titik M dan N dari sumber arus listrik A dan B di permukaan seperti ditunjukkan pada Gambar 3,

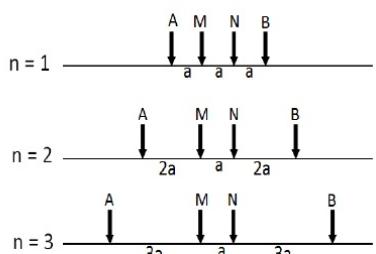
$$\begin{aligned}\Delta V &= V_M - V_N \\ &= \frac{I_B}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \\ \text{sehingga} \\ \rho &= 2\pi \left[\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \\ &= K \frac{\Delta V}{I} \quad (3)\end{aligned}$$

sehingga K merupakan faktor koreksi letak (konfigurasi) elektroda potensial dan elektroda arus.



Gambar 3. Pola Aliran Arus dan Bidang Ekipotensial antara Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan

Sketsa lintasan elektroda yang digunakan dalam penelitian digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sketsa Lintasan Elektroda untuk Konfigurasi Schlumberger
(Geotomo, 2004 : 123)

Secara garis besar, aturan elektroda Schlumberger mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Elektroda potensial tidak sering diubah sehingga mengurangi jumlah pekerja yang dipergunakan.

2. Tetapi dengan tidak seringnya elektroda potensial tersebut diubah menyebabkan aturan ini tidak sensitif terhadap adanya ketidak-homogenan lokal pada lapisan dangkal.

3. Konfigurasi Schlumberger relatif jarang digunakan untuk mapping karena kurang sensitif terhadap variasi lateral, namun ada teknik tertentu yang menggunakan untuk mapping.

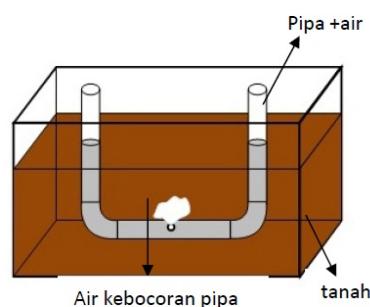
Tabel 1. Harga Tahanan Jenis Beberapa Jenis Batuan (Santoso 2002: 108)

Bahan	Resistivitas (Ωm)
Udara (dimuka bumi)	~
Kwarsa	4×10^{10}
Kalsit	5.5×10^{13}
Batuan garam	10^2 s/d 10^5
Granit	5×10^3 s/d 5×10^7
Batu gamping	60 s/d 3×10^3
Batu pasir	1 s/d 10^3
Batu serpih	20 s/d 2×10^3
Lempung dan tanah	1 s/d 10^4
Air permukaan	30 s/d 3×10^3
Air tanah	40 s/d 6×10^2
Pipa	10^5 s/d 10^7

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung dalam wadah kaca di Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat resistivimeter tipe G-Sound Portable dengan elektrodanya. Bahan penelitian adalah bak kaca dengan ukuran panjang 150 cm, lebar 104 cm, dan tinggi 45 cm yang diisi dengan tanah dan pipa. Dalam bak tersebut diisi tanah setinggi 35 cm dari dasar tanah yang disusun seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Model Fisik Kebocoran Pipa pada Skala Model

Pengambilan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan model seperti pada Gambar 5

2. Mengaktifkan geolistrik dan mengukur arus listrik (I) dan beda potensial (V) pada kondisi awal pipa sebelum diisi air atau belum mengalami kebocoran.

3. Kemudian mengisi air kedalam pipa tersebut sampai keadaan tertentu.

4. Mengukur arus listrik (I) dan beda potensial (V) pada tanah yang telah terdapat pipa yang terisi air (pipa mengalami kebocoran).

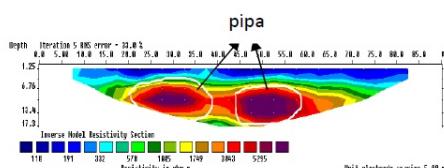
5. Melakukan langkah 1 sampai 4 untuk kedalaman pipa yang berbeda.

6. Melakukan analisis dan interpretasi data menggunakan software Res2DInv

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengukuran Resistivitas Pipa Sebelum Bocor untuk Kedalaman Pertama

Berdasarkan pengolahan data menggunakan software Res2DInv32 untuk konfigurasi Schlumberger, diperoleh model inversi penampang tanah yang ditanam 2 buah pipa PVC seperti Gambar 6. Hasil pengukuran pipa dengan menggunakan geolistrik diperoleh harga terukur berkisar 5295 m dan resistivitas tanah 110 – 578 m pada kedalaman ± 10 cm dan ± 15 cm di bawah permukaan tanah dengan RMS 33%.

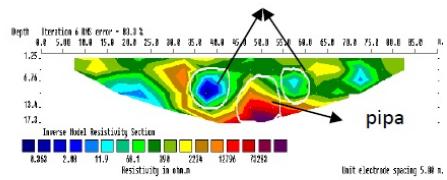


Gambar 6. Penampang resistivitas pipa sebelum bocor pada kedalaman ± 10 cm dan ± 15 cm

2. Pengukuran Resistivitas Pipa Setelah Bocor untuk Kedalaman Pertama

Gambar 7 di bawah merupakan model inversi hasil pengolahan data dengan software Res2DInv32 yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah setelah ditanam pipa PVC yang telah mengalami kebocoran. Nilai resistivitas pipa yang terukur sekitar 73283 m dan resistivitas tanah 0,363 - 390 m dengan RMS 83,3%. Terlihat bahwa resistivitas tanah mengalami penurunan dari harga resistivitas tanah awal sebelum

pipa mengalami kebocoran. Dengan kedalaman pipa ± 15 cm.

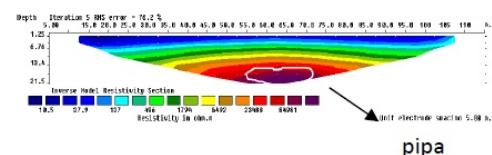


Gambar 7. Penampang resistivitas pipa setelah bocor pada kedalaman ± 15 cm

3. Pengukuran Resistivitas Pipa Sebelum Bocor untuk Kedalaman Kedua

Gambar 8 menunjukkan penampang resistivitas pipa PVC pada kedalaman yang berbeda dari kedalaman pada pipa pertama. Nilai resistivitas yang ditunjukkan pada gambar yaitu sekitar 84981 m dan resistivitas tanah 10,5 – 494 m dengan RMS 76,2 %. Pada keadaan ini pipa ditanam pada kedalaman

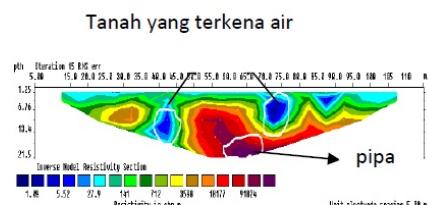
± 20 cm.



Gambar 8. Penampang resistivitas pipa sebelum bocor pada kedalaman ± 20 cm

4. Pengukuran Resistivitas Pipa Setelah Bocor untuk Kedalaman Kedua

Gambar 9 menunjukkan penampang resistivitas pipa setelah mengalami kebocoran. Pada percobaan ini pipa PVC ditanam pada kedalaman ± 20 cm seperti pada percobaan ketiga namun pada percobaan ini pipa yang sudah berlubang diisi air sehingga terjadi kebocoran. Nilai resistivitas pipa yang terukur berkisar 91824 m dan nilai resistivitas tanah sebesar 1,09 – 141 m dengan RMS 46,7 %.



Gambar 9. Penampang resistivitas pipa setelah bocor pada kedalaman ± 20 cm

Pada tanah dengan pipa yang belum mengalami kebocoran, nilai resistivitas tanahnya lebih besar dibandingkan dengan resistivitas tanah pada saat pipa mengalami kebocoran. Menurunnya nilai resistivitas tanah dikarenakan air bersifat konduktif dan mengisi ruang kosong tanah yang sebelumnya berisi udara. Hal ini membuktikan bahwa tanah bersifat elektrolitik dimana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas tanah tersebut bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak dan begitu pula sebaliknya.

Untuk variasi kedalaman yang dilakukan pada saat penelitian ternyata memiliki hasil interpretasi besar resistivitas yang berbeda namun masih dalam range yang sama. Perbedaan nilai ini disebabkan karena pada kondisi tanah pada penelitian pertama dan selanjutnya berbeda. Berbedanya kondisi tanah ini bukan karena digantinya tanah setiap kali percobaan namun lebih disebabkan karena kerapatan tanahnya. Pada percobaan ini dilakukan percobaan untuk pipa sebelum mengalami kebocoran dengan kedalaman yang berbeda. Setelah didapat hasil yang terbaik dilanjutkan percobaan untuk pipa yang mengalami kebocoran dengan kedalaman yang berbeda pula.

Pada software Res2DInv data yang diperoleh diolah untuk dilakukan inversi data. Pada saat inversi data digunakan least-square inversion. Pada proses ini dilakukan inversi pada data set yang telah dibaca sebelumnya. Proses inversi menentukan perubahan dalam model parameter. Nilai RMS error merupakan nilai error yang menunjukkan perbedaan antara nilai resistivitas semu hasil pengukuran dan nilai resistivitas semu hasil perhitungan. Nilai RMS error dinyatakan dalam bentuk persen. Proses iterasi dilakukan untuk memperkecil perbedaan antara nilai resistivitas semu hasil pengukuran dengan nilai resistivitas semu hasil perhitungan. Iterasi dilakukan hingga nilai RMS error tidak terjadi secara signifikan.

Biasanya hal ini menghasilkan model dengan RMS error yang lebih rendah. Tetapi terkadang RMS error ini meningkat. Untuk

kasus ini terdapat tiga pilihan. Pilihan pertama adalah dengan mengambil sebuah pencarian garis menggunakan interpolasi untuk menemukan langkah optimal untuk perubahan dalam resistivitas dalam tiap blok. Program akan mengurangi RMS error tetapi hal ini juga dapat menjebak ke nilai minimum lokal. Pilihan kedua adalah dengan membiarkannya dan berharap bahwa iterasi berikutnya akan menghasilkan RMS error yang lebih kecil. Hal ini dapat juga menyebabkan terjebak di minimum lokal, tetapi juga dapat menyebabkan peningkatan RMS error. Pilihan ketiga adalah dengan menggunakan pencarian garis pada tiap iterasi. Hal ini akan memberikan langkah optimum, tetapi akan membutuhkan sedikitnya sebuah komputasi ke depan tiap iterasi.

Namun demikian hasil tersebut menunjukkan bahwa iterasi yang dilakukan tidak mendapatkan perlakuan yang sama untuk setiap pengolahan data. Beberapa data hanya melakukan iterasi sebanyak 5 kali dan sudah menunjukkan nilai yang dapat menunjukkan nilai perbedaan resistivitas bahan dengan nilai RMS yang relatif kecil, sedangkan lainnya dilakukan iterasi sebanyak 15 kali iterasi untuk mendapatkan hasil bahan dengan nilai RMS yang relatif kecil. Tujuan dari dilakukannya iterasi adalah agar hasil yang didapatkan menujukan nilai resistivitas yang mendekati nilai sebenarnya dan mempunyai nilai RMS yang relatif kecil.

SIMPULAN

1. Model yang dibuat dapat menggambarkan adanya kebocoran pipa, sehingga dalam pengukuran di lapangan untuk identifikasi kebocoran pipa dapat diaplikasikan metode geolistrik dengan konfigurasi Schlumberger.

2. Nilai resistivitas pipa yaitu sebesar 5295 m - 91824 m. Nilai resistivitas tanah pada saat kering yaitu sebesar 10,5 m - 1794 m, sedangkan untuk tanah basah berkisar antara 1,09 m - 712 m (pipa mengalami kebocoran). Dengan nilai resistivitas pipa sebenarnya yang berkisar 105 s/d 107 (Zubaidah dan Kanata, 2008 : 86)

DAFTAR PUSTAKA

Bellmunt, F. & A. Marcuello. 2011. Method to Obtain Standard Psuedosections From

- Psuedo Pole – Dipole Arrays. *Journal of Applied Geophysics*, 75:419-430.
- Boas, M.L. 1983. *Mathematical Methods In The Physical Sciences* Second Edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Broto, S. & Afifah Sera, R. 2008. Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger Geotomo Software. 2004. Manual software Res2DInv ver. 3.54. Geoelectrical Imaging 2D and 3D. Penang: Geotomo Software.
- Gnanasundar, D. and L. Elango. 1999. Groundwater Quality Assesment of a Coastal Aquifer Using Geoelectrical Techniques. *Journal of Environmental Hydrology* – Vol 7 Paper 2 January 1999.
- Griffiths, D. J. 1995. *Introduction to Electrodynamics* Second Edition. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited.
- Haryanto, A. 2011. Skripsi (Aplikasi Metode Resistivitas Menggunakan Geolistrik untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model). Semarang : Unnes (tidak dipublikasikan).
- Kosinky, W.K., & W.E. Kelly. 1981. Geoelectrical Sounding for Predicting Aquifer Properties. *Ground Water* 19, 163-171.
- Law, A.M. & W.D. Kelton. 1991. *Simulation Modeling and Analysis*(3rd Ed.). USA: Mc Graw Hill Pers.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.
- Sugiyono. 2007. *Statistik Untuk Penelitian*. Bandung: CV Alfabeta
- Suwarto. 2006. *Sistem dan Model*. Bogor : Badan Planologi Kehutanan.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, & R.E. Sheriff. 1982. *Applied Geophysics* (2nd ed). Cambridge: Cambridge University Press
- Yulianto, T. 2004. *Praktikum Metode Geolistrik*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Zubaidah, T. & Kanata, B. 2008. Pemodelan Fisika Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Untuk Investigasi Keberadaan Air Tanah. 7/1: 20-24.
- Zubaidah, T. & Kanata, B. 2008. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner-Schlumberger Untuk Survey Pipa Bawah Permukaan. 7/2: 84-91