

Investigasi Rembesan/Kebocoran Dinding Suatu Kanal/Sungai yang Terkontaminasi dengan Metode Resistivitas

Tri Wardoyo, Agus Mahmudi
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Bhayangkara Surabaya.
Jl.A Yani Surabaya

ABSTRACT

The resistivity method is well used to detecting of existence leakage of river wall. Based on this condition, has been conducted research that correlated with the detecting of leakage of river wall to groundwater. This research was conduct at Gebang River, by using Wenner configuration. Basic Principe of this method, the electric current (I) was inject into rivers wall through two potential electrodes. Space of potential electrode used by 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, and 80 cm. Acquisition data presented by electrical potential (V) and electrical current (I). Finally, found that gained resistivity value that indicated of leakage lowest than before leakage existence.

Keyword: leakage on the river wall, resistivity method.

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan utama bagi kehidupan manusia. Pada zaman dahulu kehidupan berada di dekat air, sungai, mata air, atau danau. Namun bertambahnya populasi dan kemajuan industri menyebabkan kebutuhan air bersih sangat meningkat. Bagi yang jauh dari sumber air, memerlukan banyak biaya untuk mengalirkan dari sumber ke tempatnya. Oleh karena itu dicari sumber air lain yang dekat, yaitu air yang ada di bawah permukaan tanah atau air tanah. (Ludman. A., et. al., 1982).

Seiring dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat, keinginan untuk meningkatkan taraf hidup dan membuka lapangan pekerjaan seluas-luas-

nya, kebutuhan untuk membuka dan mendirikan suatu industri tidak dapat dielakkan (Soeriaatmadja. r.e., 1997). Kawasan industri, di samping menghasilkan suatu produk yang berguna secara ekonomis, juga menghasilkan suatu produk samping yang berasal dari sisa proses dan berbahaya bagi manusia, yaitu limbah. (Mukono. H.J, 1999). Limbah cair dari kawasan industri kebanyakan dibuang ke sungai, kanal setelah dianggap aman bagi manusia dan lingkungan dengan sebelumnya melewati suatu instalasi pengolahan limbah.

Pada suatu daerah dimana *water table* lebih rendah dari sungai/kanal, akibat adanya gaya gravitasi dimungkinkan akan terjadi aliran dari sungai

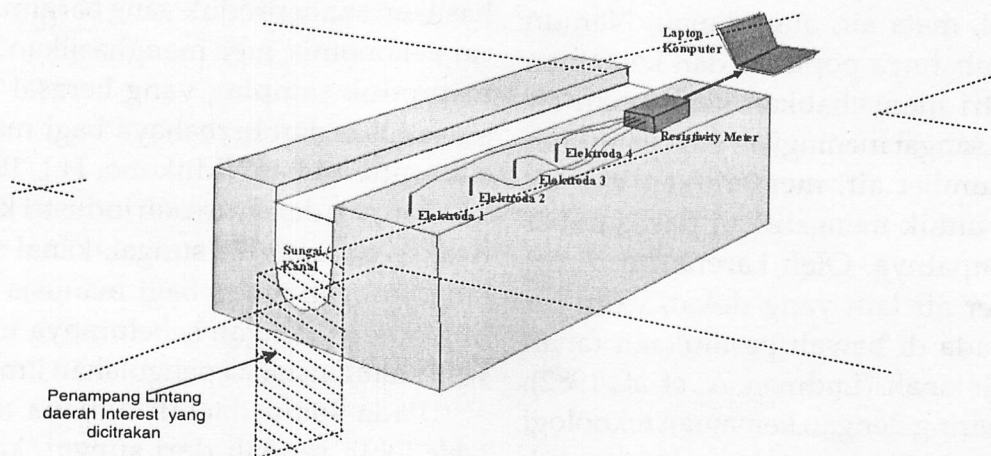
ke *water table*, jika ada rembesan pada dinding sungai tersebut. (Ludman. A., et. al., 1982). Dibeberapa kawasan industri menunjukkan bahwa *water table* telah tercemar oleh zat-zat berbahaya akibat bocornya air sungai yang tercemar itu ke *water table*. (Jackson. A.R.W and Jackson. J.M., 1996).

Beberapa metode telah dikembangkan untuk mencari letak sumber rembesan diantaranya dengan melakukan monitoring data-data sumur untuk mengumpulkan informasi konsentrasi kontaminan pada suatu daerah isolasi, akan tetapi cara ini kurang efektif manakala tidak tersedia data sumur di lokasi tersebut, sehingga perlu dicari cara lain diantaranya dengan metode resistivitas. (Gnanasundar. D., et.al, 1999). Metode resistivitas ini sangat baik untuk eksplorasi dangkal sehingga banyak dipakai dalam eksplorasi geofisika seperti penentuan kedalaman batuan dasar (Herrick, et.al, 1994), pencarian reservoir air (David. K.T., 1995), dan juga untuk mengamati gerakan air garam. (Fried, 1975). Secara kelistrikan, air sungai memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah di

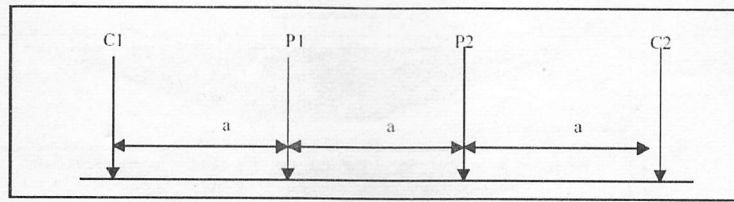
sekitarnya. Rembesan air dari dinding sungai ke lingkungan sekitarnya akan menyebabkan nilai resistivitas lingkungan akan berubah, sehingga diharapkan metode ini dapat dipakai sebagai salah satu alternatif untuk mendeteksi rembesan dinding sungai ke lingkungan sekitarnya atau ke *water table*.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian model (*Physical Modelling* dari rembesan sungai ke lingkungan atau akuifer tanah), menggunakan sungai dengan area pengamatan tertentu, kemudian dilakukan pencitraan resistivitasnya sebelum dan sesudah diberi suatu kebocoran/rembesan pada dinding-dindingnya. Metode yang akan digunakan menggunakan pencitraan resistivitas 2 dimensi dengan cara melakukan pengukuran resistansi tanah di permukaan menggunakan alat *resistivity meter*, dengan konfigurasi Wenner (seperti gambar 7 di bawah ini) dengan spasi elektroda 30 cm. Spasi elektrode dipilih 30 cm dengan asumsi target kedalaman sasaran sekitar 0,6 meter.



Gambar 1. Akuisisi data dari sungai/kanal Model, menggunakan empat probe elektroda, dua elektroda terluar (1 dan 4) merupakan elektroda arus, dua elektroda dalam (elektroda 2 dan 3) merupakan elektroda potensial



Gambar 2. Konfigurasi elektrode Wenner. (C1 dan C2 adalah elektroda arus, P1 dan P2 adalah elektroda potensial. (Mukhtar. A.L., et.al., 2000)

Arus diinjeksikan lewat dua elektroda terluar (C1 dan C2) sedangkan tegangannya direkam dari dua elektroda di dalam, yaitu P1 dan P2. Harga resistansi tanah dikonversikan ke harga resistivitas ρ_a menggunakan persamaan, $\rho_a = 2\pi aR$ (6) dimana a adalah spasi elektroda yang digunakan dalam pengukuran dan R adalah resistansi yang terekam oleh alat *resistivity-meter*. Pengukuran resistansi tanah dilakukan sepanjang lintasan penelitian yang dibuat. Data resistansi tanah ini kemudian diubah dengan persamaan (6) sebagai data input program Res2Dinv, software interpretasi pencitraan resistivitas 2 dimensi. Software ini menghitung resistivitas tanah dan kedalaman dari file data input menggunakan perhitungan Matriks Jacobian dan prosedur pemodelan ke depan (*forward modelling*). Hasil dari interpretasi ini ditunjukkan dengan

penampang citra resistivitas 2 dimensi sepanjang lintasan survey.

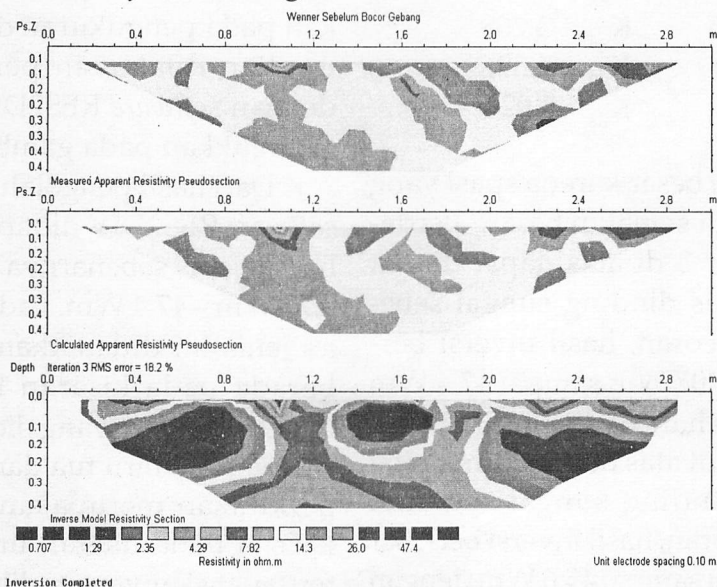
Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

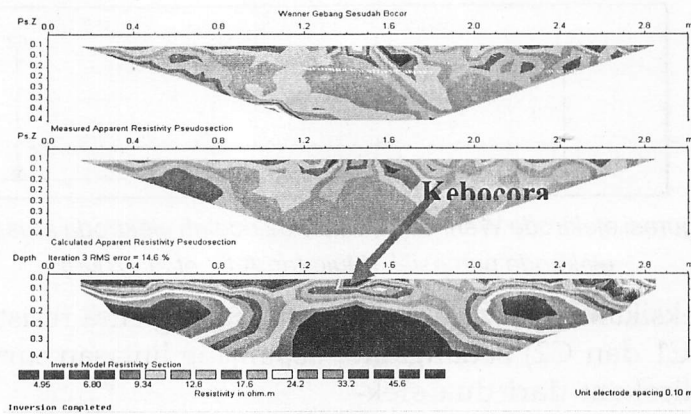
Dari hasil pengukuran arus listrik (I) dan beda potensial (DV) pada dinding sungai sebelum ada kebocoran dan sesudah adanya kebocoran diperoleh data yang terdapat pada lampiran.

Inversi Hasil dari Penelitian

Setelah data resistivitas semu sebelum dan sesudah kebocoran dinding sungai diperoleh, selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan program RES2DINV untuk mengetahui penampang resistivitasnya. Berdasarkan hasil inversi, diperoleh penampang resistivitas dinding sungai seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Penampang resistivitas semu dinding sungai sebelum adanya kebocoran



Gambar 4. Penampang resistivitas semu dinding sungai setelah adanya kebocoran.

Dari gambar 3 dan 4 di atas terdapat 3 bagian gambar yang berbeda, yaitu bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah. Bagian atas menjelaskan tentang gambar hasil pengukuran resistivitas semu. Bagian tengah menjelaskan tentang gambar hasil perhitungan resistivitas semu. Sedangkan bagian bawah menjelaskan tentang gambar hasil inversinya.

ANALISA DATA

Dari hasil perhitungan diperoleh data untuk harga k (faktor geometri) sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll} K_{n1} = 0,628 & K_{n5} = 3,14 \\ K_{n2} = 1,256 & K_{n6} = 3,768 \\ K_{n3} = 1,884 & K_{n7} = 4,396 \\ K_{n4} = 2,512 & K_{n8} = 5,024 \end{array}$$

K semakin besar karena spasi yang digunakan juga semakin besar. Berdasarkan gambar 3 di atas dapat dilihat nilai resistivitas dinding sungai sebelum ada kebocoran, hasil inversi berkisar antara 0.707 Wm sampai 47.4 Wm dengan kesalahan iterasi 18.2%. Dan dari gambar 4 di atas dapat dilihat nilai resistivitas dinding sungai sebelum adanya kebocoran, hasil inversi berkisar antara 4,95 Wm sampai 45,6 Wm dengan

kesalahan iterasi 14,6%. Dari gambar 3 dan 4 terlihat lintasan data berjarak 3 meter dan kedalaman yang dapat diukur yaitu pada kedalaman 0,4 meter, karena spasi terbesar yang digunakan adalah 0,8 meter.

PEMBAHASAN

Pada lintasan dinding sungai sebelum adanya kebocoran adalah merupakan keadaan sebenarnya (awal) dari sungai tersebut, dengan panjang lintasan 3 meter dan spasi awalnya adalah 0.1 meter. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai resistivitas semu antara 6.75 Wm-25.58 Wm dari data yang didapatkan pada pengukuran di lapangan, kemudian dilakukan pengolahan data dengan *software* RES2DIV seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.

Dari hasil pengolahan data dengan *software* RES2DIV didapatkan harga tahanan jenis sebenarnya berkisar antara 0.70 Wm - 47.4 Wm. Pada kontur tahanan jenis ini didapatkan anomali yang berada pada kisaran kedalaman 0.1 meter-0.4 meter yang dicitrakan dengan warna biru, biru tua dan hijau yang diperkirakan merupakan akar tanaman karena pada daerah lintasan tersebut terdapat akar yang terlihat jelas muncul

di daerah dinding sungai, dimana resistivitas ini muncul karena adanya aliran yaitu transport makanan yang mengalir ion-ion keseluruh tanaman. Sedangkan pada kedalaman 0.1 meter-0.3 meter yang dicitrakan dengan warna merah tua dan merah keunguan diperkirakan karena adanya pengaruh infiltrasi. Infiltrasi (peresapan) adalah gerakan air menembus tanah dan masuk ke dalam tanah (Linsley. *et. al*, 1996).

Dimana kapasitas peresapan (kecepatan maksimum bagi air untuk menembus tanah) tergantung pada berbagai faktor. Suatu tanah yang renggang dan lulus air akan mempunyai kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan tanah lempung yang ketat.

Bila sebagian besar dari ruang-ruang pori telah berisi air kapasitas peresapannya biasanya menjadi lebih kecil daripada bila tanahnya masih kering. Bila ruang pori-pori tanah telah sepenuhnya terisi air, maka gerakan air lebih ke bawah lagi akan tergantung pada permeabilitas tanah bagian bawah dan tanah pada dinding sungai sehingga pada dinding sungai tersebut resistivitas yang didapat berbeda-beda pada tiap-tiap daerah, dimana tampak adanya anomali pada dinding sungai tersebut (gambar 3 dan 4) sehingga dapat ditentukan daerah yang mengalami kebocoran.

Hasil inversi dari data pada lampiran 1 memiliki kesalahan iterasi sebesar 18.2% dimana nilai resistivitas dinding sungai sebelum adanya kebocoran mendekati nilai resistivitas dari literatur, dimana berdasarkan nilai literatur resistivitas *landfill runoff* sebesar < 10 Wm-20 Wm (Reynold, 1997).

Sedangkan pada lintasan dinding sungai sebelum adanya kebocoran yaitu setelah sungai dibuat bocor (kebocor-

an buatan) dengan panjang lintasan 3 meter dan spasi awalnya adalah 0.1 meter, dilakukan supaya dapat terlihat perbedaan anomali yang mencolok pada dinding sungai yang diambil data pertama kali yaitu dinding sungai sebelum adanya kebocoran (gambar 3) dengan data kedua dinding sungai setelah adanya kebocoran (gambar 4). Dari hasil pengukuran didapatkan nilai resistivitas semu antara 5.93 Wm-27.25 Wm dari data yang didapatkan pada pengukuran dilapangan, kemudian dilakukan pengolahan data dengan *software* RES2DIV seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.

Dari hasil pengolahan data dengan *software* RES2DIV didapatkan harga tahanan jenis sebenarnya berkisar antara 4.96 Wm - 45.6 Wm. Pada kontur tahanan jenis ini didapatkan anomali yang berada pada kisaran kedalaman 0.2 meter-0.4 meter yang dicitrakan dengan warna biru tua yang merupakan adanya kebocoran sehingga dari anomali yang tampak terlihat terjadi peristiwa infiltrasi, dimana air atau fluida menembus masuk dinding sungai dan meresap ke bagian atas dan melebar ke bagian dinding sungai sehingga terjadi perbedaan anomali antara dinding sungai sebelum adanya kebocoran (gambar 3) dengan dinding sungai setelah adanya kebocoran (gambar 4), dimana dinding sungai yang telah mengalami kebocoran alami memiliki resistivitas yang lebih kecil dibandingkan dengan dinding sungai setelah adanya kebocoran.

Dengan melihat anomali yang terjadi pada gambar 4 (setelah adanya kebocoran dinding sungai) dan membandingkannya dengan gambar 3 (sebelum adanya kebocoran dinding sungai) dapat dilihat letak posisi pusat kebo-

coran dinding sungai. Dari gambar 4 (setelah adanya kebocoran dinding sungai) posisi dari kebocoran berada pada kedalaman 0,3 meter dan pada panjang lintasan 1,5 meter dengan resistivitas semu yaitu 4,95 $\Omega\cdot m$.

Hasil inversi dari data pada lampiran 2 memiliki kesalahan iterasi sebesar 14.6% dimana nilai resistivitas dinding sungai setelah adanya kebocoran mendekati nilai resistivitas dari literatur resistivitas *landfill runoff* sebesar $< 10 \text{ Wm} - 20 \text{ Wm}$ (Reynold, 1997).

Kesalahan iterasi yang tinggi (18% dan 14,6%) yang berarti bahwa tingkat perbedaan antara hasil pengukuran dan perhitungan dari inversi masih relatif besar disebabkan beberapa faktor, di antaranya adalah alat penelitian yang digunakan sangat sederhana sehingga tidak dapat diketahui *error* yang terjadi, peletakan elektroda pada jarak yang telah ditentukan kurang tepat dan pembacaan nilai data pada alat yang kurang tepat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengukuran dinding sungai sebelum kebocoran pada pengukuran dilapangan didapatkan nilai resistivitas semu antara 6.75 $\text{Wm} - 25.58 \text{ Wm}$ dan harga tahanan jenis sebenarnya berkisar antara 0.70 $\text{Wm} - 47.4 \text{ Wm}$ sedangkan dari hasil pengukuran dinding sungai setelah adanya kebocoran pada pengukuran di lapangan didapatkan nilai resistivitas semu antara 5.93 $\text{Wm} - 27.25 \text{ Wm}$ dan dari hasil inversi (gambar 4) harga tahanan jenis sebenarnya berkisar antara 4.96 $\text{Wm} - 45.6 \text{ Wm}$. Pada gambar 4.2 (setelah adanya kebocoran dinding sungai) le-

tak posisi pusat kebocoran berada pada kedalaman 0.3 meter dan pada panjang lintasan 1.5 meter dengan nilai resistivitas semunya yaitu 4.95 Wm .

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dinding sungai sebelum kebocoran dan dinding sungai setelah adanya kebocoran terdapat perbedaan anomali sehingga letak posisi kebocoran dapat diketahui dengan melihat anomali yang terjadi pada gambar 3 dan 4, dimana air sungai memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah sekitarnya. Selain itu metode resistivitas dengan konfigurasi werner cukup efektif untuk mendeteksi kebocoran dinding sungai.

Saran

Hasil penelitian sederhana ini mungkin perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk kasus-kasus kebocoran dengan jenis kebocoran yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Apparao. A., 1997, *Developments in Geoelectrical Methods*, National Geophysical Research Institute Hyderabad, India
- Budiono, Sulistijo, B., Anggayana, K., 2000, *Analisa Gradien Hidrolik dan Nilai Tahanan Jenis Suatu Lapisan Batuan Berdasarkan Hasil Pengukuran Model Fisik Dengan Metode Geofisika Tahanan Jenis (Jurnal)*, Jurusan Teknologi Pertambangan ITB.
- Gnanasundar. D., Elango. L., *Groundwater Quality Assessment Of A Coastal Aquifer Using Geoelectrical Techniques*, Journal of Environmental Hydrology, Vol. 7, Paper 2, January 1999.

- Hartantyo., Sismanto., 1998, *Modifikasi Metode Iterasi Grafis Zhody Untuk Menginterpretasikan Kurva Sounding Schlumberger Yang Didasarkan Pada Proses Pergeseran Kedalaman Dan Tahanan Jenis*, Fakultas MIPA. UGM.
- Herrick, D.C., Kennedy, W.D., *Electrical Efficiency-A Pore Geometric Theory For Interpretating The Electrical Properties Of Reservoir Rocks*, *Geophysics*, 59, 918-927, 1994.
- Kalmiwan, P.A., Sismanto., Suparwoto., 2000, *Penyelidikan Keberadaan Mata Air Panas Krakal Desa Krakal Kecamatan Alian Kabupaten Kebumen Jawa Tengah Dengan Metode Resistivitas Geofisika (Jurnal)*, Fakultas MIPA. UGM.
- K.T. David., 1995, *Groundwater Hydrology Second Edition*, John Willey & Sons, Singapore.
- Linsley., et. Al., 1996, *Hidrologi Untuk Insinyur*, Bab 3, Hidrologi Kuantitatif.
- Ludman. A., and Coch. N.K., 1982, *Physical Geology*, McGraw-Hill, USA.
- Mukhtar. A.L., Sulaiman. W.N., Ibrahim. S., Latif. P.A., and Hanafi. M.M., *Detection Of Groundwater Pollution Using Resistivity Imaging At Seri Petaling Landfill, Malaysia*, *Journal of Environmental Hydrology*, Vol. 8, Paper 3, January 2000.
- Mulherin, J., 1992, *Sungai dan Danau*, Seri Ekologi, Penerbit PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Nawroozi, A.A., dkk, *Resapan Air Laut pada Sumber Air Tawar di Kawasan Pantai Bagian Timur Virginia Sebuah Survei Hambatan Jenis Dengan Pengintaian Elektronik*, Departemen Ilmu Pengetahuan Laut Bumi dan Atmosfer, Universitas Old Dominon Nerkolk, AS.
- Reynold. J.M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmmental Geophysics*, John Wiley & Sons, New York.
- Telford. W.M., dkk, 1990, *Applied Geophysics Second Edition*, New York, Cambridge University Press.
- T. Sutikto., Tanpa tahun, *Runoff*, Lab. Fisika-Konservasi Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Jember.