

PELATIHAN PEMANTAUAN PENCEMARAN BAGI MASYARAKAT DI BANTARAN DAS KALIGARANG SEMARANG DENGAN METODE GEOLISTRIK

Supriyadi¹, Wahyu Hardyanto², Aris Budiyo³, Djuniadi⁴

^{1,2} Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ³ Jurusan Teknik Mesin,

⁴ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Email: pryfis@yahoo.com

***Abstract.** The background of this activity has occurred is water pollution in Kaligarang river. Therefore it is necessary efforts to protect the environment along the it. Exercising their activities consist of (1) Preparation, (2) Implementation, and (3) evaluation of the participants are young people in rural districts offense Sukorejo Gunungpati Semarang who live along the Kaligarang river who pass through the village. The event begins with a lecture about the pollution of the river and continued geoelectricity measurements at points predetermined. Geoelectricity measurement results obtained in the field of electric current and potential difference at the point of measurement points. Results showed that the participants in the activity have improved understanding of the geoelectric. It is characterized by the seriousness of the activity when participants perform geoelectric measurements, process data directly in the field. Based on the map sectional resistivity soil layer of field measurement data concluded that there has been a seepage of river water in the area Kaligarang community service activities but seepage is not cause contamination in the soil.*

Keywords : Pollution, Geoelectricity

Abstrak. Latar belakang kegiatan ini adalah telah terjadi pencemaran air di sungai Kaligarang. Oleh karena itu perlu upaya-upaya untuk menjaga lingkungan bantaran sungai Kaligarang. Pelaksanaan kegiatan ini terdiri atas (1) Persiapan, (2) Pelaksanaan, dan (3) Evaluasi dengan peserta adalah generasi muda di desa Delik Sukorejo kecamatan Gunungpati Semarang yang tinggal di bantaran sungai Kali Garang yang melewati desa tersebut. Kegiatan diawali dengan ceramah tentang pencemaran air sungai dan dilanjutkan pengukuran Geolistrik di titik-titik yang telah ditentukan. Hasil pengukuran Geolistrik di lapangan diperoleh arus listrik dan beda potensi pada titik titik pengukuran. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa peserta kegiatan telah mengalami peningkatan pemahaman tentang geolistrik. Hal ini ditandai dengan keseriusan peserta kegiatan ketika melakukan pengukuran geolistrik, mengolah data secara langsung di lapangan. Berdasarkan peta penampang resistivitas lapisan tanah dari data pengukuran lapangan

disimpulkan bahwa telah terjadi rembesan air sungai Kaligarang di daerah kegiatan pengabdian masyarakat tetapi rembesan tersebut tidak menyebabkan pencemaran pada lapisan tanah.

Kata kunci : Pencemaran, Geolistrik

PENDAHULUAN

Kaligarang merupakan aliran sungai yang berada di wilayah Kota Semarang dimana sungai ini masuk dalam kelas 1 yang dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum. Pencemaran sungai dapat terjadi karena pengaruh kualitas air limbah yang melebihi baku mutu air limbah, di samping itu juga ditentukan oleh debit air limbah yang dihasilkan (Susena, 1997). Pesatnya laju pertumbuhan pembangunan terutama di bidang industri, pertanian, dan sebagainya di DAS Garang yang ditunjang oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, memungkinkan manusia memanfaatkan berbagai jenis bahan kimia termasuk logam berat untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Pembangunan pabrik-pabrik di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) di mana hampir seluruh pabrik-pabrik tersebut membuang limbahnya ke aliran sungai, tentunya mengkhawatirkan masyarakat karena memicu terjadinya perubahan baku mutu di perairan tersebut, sehingga dapat terjadi pencemaran air sungai.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) banyak dihasilkan sebagai limbah industri yang berada di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Garang. DAS Garang sendiri diprediksi tercemar logam berat ini akibat pembuangan limbah dari industri yang banyak dibangun di sepanjang Kaligarang. Trimartuti (2001) menyebutkan pencemaran logam berat di Kaligarang di duga berasal dari pabrik-pabrik yang ada di sekitar sungai, antara lain pabrik keramik, pabrik

baja, pabrik tekstil dan industri kimia. Pabrik-pabrik tersebut membuang limbahnya ke Kaligarang, sehingga air mengandung Cd dan biota sungai (ikan, kerang) mengakumulasi Cd. Kandungan Cd di air sungai tersebut mencapai 0,0001 ppm – 0,0004 ppm.

Perkembangan industri di DAS Garang secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan pencemaran beberapa logam berat seperti Cd dan Pb di aliran Kaligarang. Kadmium dan Timbal bersifat toksik, bioakumulatif, biomagnifikasi dan karsinogenik (Withgott and Brennan 2007). Dari Pencemaran logam berat Cd dan Pb tersebut di perairan Kaligarang maka mengakibatkan ikan yang hidup dan berkembang biak di Kaligarang akan ikut mengakumulasi logam berat tersebut. Akibat yang lebih parah adalah ketika manusia yang mengkonsumsi ikan yang telah mengakumulasi logam berat tersebut, dimana dapat mengakibatkan keracunan dan kematian.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu kiranya masyarakat yang tinggal di bantaran DAS Kaligarang mengetahui ada tidaknya pencemaran di lingkungan sekitarnya yang berdelatan dengan DAS Kaligarang. Rumusan masalah yang akan diselesaikan pada pengabdian yang akan dilaksanakan adalah upaya apa yang dapat dilakukan untuk membekali masyarakat di bantaran DAS Kaligarang, khususnya bagi keluarga yang tinggal di desa Delik Sukorejo adalah dengan memberikan pelatihan prediksi pencemaran akibat limbah industri dan rumah tangga dengan memperkenalkan alat Geolistrik.

Tujuam kegiatan pengabdian kepada

masyarakat yang direncanakan ini adalah sebagai : (1) Mensosialisasikan bantaran Kaligarang dan permasalahannya. Dari kegiatan ini diharapkan peserta (masyarakat) memperoleh informasi tentang masalah-masalah lingkungan yang terjadi di sepanjang bantaran Kaligarang, dan (2) Memberikan pelatihan metode Geolistrik untuk pemantauan pencemaran di bantaran Kaligarang.

Manfaat yang diharapkan dari rencana kegiatan ini adalah sebagai berikut: (1) Peserta lebih memahami masalah lingkungan di bantaran Kaligarang, dan (2) Peserta mempunyai pengalaman dan ketrampilan untuk melakukan pemantauan pencemaran dengan menggunakan metode Geolistrik.

Pencemaran logam berat sangat berbahaya bagi lingkungan. Banyak laporan yang memberikan fakta betapa berbahayanya pencemaran lingkungan terutama oleh logam berat pada kawasan perairan, baik akibat penggunaan airnya untuk konsumsi sehari-hari maupun ketika mengkonsumsi biota air tawar yang hidup di perairan tercemar tersebut. Kasus yang dilaporkan pertama kali di Jepang, timbulnya penyakit itai-itai (Ouch-ouch) yang menyebabkan para nelayan dan keluarganya terkena keracunan kronis akibat logam berat Cd dan mengakibatkan kematian manusia 100 Orang (Supriharyono 2000, Soemirat 2004,).

Sastrawijaya (2000) menyebutkan pencemaran lingkungan terjadi karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan jadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi. Sedangkan definisi pencemaran menurut UU No.32 tahun 2009, Pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain

ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Pencemaran air, disamping disebabkan oleh faktor alam juga disebabkan oleh perilaku manusia atau masyarakat pengguna. Hal ini berkaitan dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat. Persepsi masyarakat terhadap air akan mempengaruhi masyarakat dalam mengartikan pengertian kondisi air yang ada. Akibat persepsi ini menyebabkan terjadinya perbedaan dalam mengartikan pencemaran air. Putra (1997) mengemukakan penyebab pokok rendahnya partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan program kali bersih adalah adanya perbedaan persepsi antara pemerintah dan masyarakat baik mengenai program maupun masalah yang dihadapi, serta hal lainnya yang erat hubungannya dengan program tersebut. Persepsi ini pada hakekatnya adalah unsur pokok atau titik awal dalam pembentukan perilaku manusia terhadap lingkungannya. Selain itu, pertumbuhan industri, pertanian dan meningkatnya konsumsi masyarakat (rumah tangga) menghasilkan limbah yang dibuang ke lingkungan alam sehingga menimbulkan pencemaran (Djarismawati, 1990).

Kaligarang Semarang merupakan salah satu sungai di Jawa Tengah yang masuk ke dalam Program Kali Bersih (Prokasih) yang dilaksanakan oleh Bapedal Provinsi Jawa Tengah. Oleh karena itu tiap tahun selalu dilakukan pemantauan terhadap kualitas air Kaligarang. Lokasi pemantauan DAS Kaligarang ada 5 titik, yaitu: KG 1 (jembatan Jl. Pramuka), KG 2 (desa Tinjomoyo), KG 3 (Tugu Suharto), KG 4 (Bendungan Simongan), dan KG 5 (di bawah rek KA jl. Madukoro).

Selama tahun 2006 pemantauan dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada bulan Mei dan Agustus. Hasil pemantauan kualitas air Kaligarang di titik KG 4 yang dilakukan BAPEDA Jawa Tengah selama tahun tersebut seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Kualitas Air Kaligarang

No	Parameter	Satuan	Mei	Agustus	Baku Mutu (Klas II)
1	Ph	-	6,73	8,20	6-9
2	BOD	mg/l	2,765	5,376	3
3	COD	mg/l	18,30	25,74	25
4	DO	mg/l	7,10	4,15	4
5	Total Fosfat sebagai P	mg/l	0,079	0,475	0,2
6	Kadmium	mg/l	< 0,005	0,011	0,01
7	Tembaga	mg/l	0,038	< 0,005	0,02
8	Nitrit sebagai N (NO ₂)	mg/l	0,253	0,05	0,06
9	Belerang sebagai H ₂ S	mg/l	0,016	0,009	0,002
10	Fenol	µg/l	10,0	20,0	1

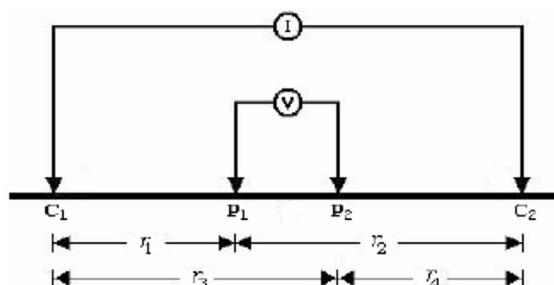
Sumber Bappedal Jateng, 2006

Pemantauan kualitas air Kaligarang di titik KG 4 (bendungan Simongan) pada tahun 2006 yang dilakukan pada bulan Mei menunjukkan ada beberapa parameter yang melebihi baku mutu dengan mengacu PP Bo. 82/2001 untuk baku mutu air kelas II. Parameter-parameter tersebut antara lain adalah: Tembaga, Nitrit, H₂S dan Fenol. Untuk pemantauan yang dilakukan pada bulan Agustus 2006 juga menunjukkan beberapa parameter yang masih melebihi baku mutu air kelas II. Parameter tersebut antara lain: Kadmium, Sulfida dan Fosfat.

Pemantauan kualitas air Kaligarang pada tiap tahun menunjukkan adanya parameter yang selalu tidak memenuhi syarat yaitu Fenol. Sedangkan parameter yang kadang-kadang melebihi baku mutu adalah fosfat, nitrik dan sulfida. Tingginya parameter fenol mengindikasikan bahwa buangan dari kegiatan pemukiman juga memberikan andil besar terhadap penurunan kualitas air Kaligarang selain dari buangan industri. Tingginya parameter logam berat seperti Krom, Tembaga dan Kadmium selain berasal dari buangan industri galvanisasi juga berasal dari limpasan lindi TPA Jatibarang.

Salah satu cara untuk menentukan pencemaran lapisan tanah adalah dengan

menggunakan metode Geofisika, misalnya metode Geolistrik. Metode ini mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pengukuran dimaksud adalah potensial dan arus listrik yang terjadi. Apabila terdapat dua elektroda arus yang dibuat dengan jarak tertentu seperti Gambar 1, potensial pada titik-titik dekat permukaan akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut.



Gambar 1. Dua pasang elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan tahanan jenis ρ (Bahri, 2005)

Potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 adalah dituliskan dengan persamaan (1) di bawah ini (Bahri, 2005).

$$V_{11} = \left(\frac{i\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_1} \quad (1)$$

Karena arus pada kedua elektroda sama dan berlawanan arah, maka potensial pada titik P2 akibat elektroda arus C2 dapat ditulis seperti di bawah ini

$$V_{12} = - \left(\frac{i\rho}{2\pi} \right) \frac{1}{r_2} \quad (2)$$

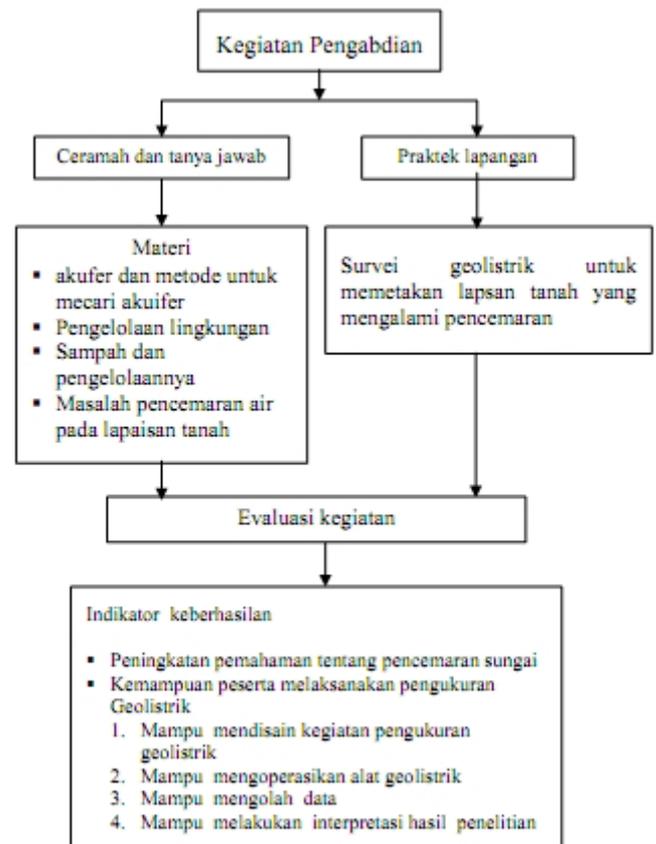
Sehingga potensial pada titik P1 akibat elektroda arus C1 dan C2 dapat dituliskan dalam bentuk persamaan (3) sebagai berikut :

$$V_{11} + V_{12} = \frac{i\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3)$$

METODE

Untuk menyelesaikan masalah dan tujuan yang ingin dicapai, maka dirumuskan metode kegiatan dengan tahapan sebagai berikut : Tahap persiapan. Pada tahap ini dilakukan koordinasi intern tim untuk merencanakan kegiatan yang telah disepakati dengan warga. Dari kegiatan ini diputuskan bahwa kegiatan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut : (1) ceramah dan tanya jawab tentang pencemaran, (2) praktek menentukan potensi pencemaran dengan bantuan alat geolistrik Tahap pelaksanaan. Pada tahap ini semua yang telah direncanakan diaplikasikan kepada warga Delik Sukorejo. Waktu pelaksanaan disepakati pada hari minggu atau hari lainnya yang telah disepakati antara warga dengan tim pelaksana. Tempat pelaksanaan untuk ceramah di salah satu rumah warga. Untuk kegiatan lapangan dipilih lokasi yang diperkirakan telah terjadi pencemaran DAS Kaligarang. Tahap evaluasi. Pada tahap ini dilakukan evaluasi pada semua kegiatan yang telah dilaksanakan. Evaluasi difokuskan pada hasil yang telah dicapai dan proses pelaksanaan dengan melibatkan perwakilan

warga. Evaluasi untuk kegiatan pengabdian secara keseluruhan seperti pada Gambar 2 di bawah ini. Pada evaluasi diberikan penjelasan indikator pencapaian dan tolok ukur yang digunakan untuk menyatakan keberhasilan dari kegiatan pengabdian masyarakat ini.



Gambar 2. Tahapan kegiatan pengabdian masyarakat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan pengabdian secara umum dibagi menjadi dua bagian, yaitu kegiatan ceramah dan kegiatan pengukuran geolistrik. Pada kegiatan ceramah dengan tema pencemaran yang isinya terdiri atas (1) jenis dan sumber pencemaran air, (2) dampak pencemaran air, (3) jenis zat yang menurunkan kualitas air, (4) klasifikasi sumber pencemaran, (5) faktor-faktor yang

mempengaruhi konsentrasi, (6) keterlibatan aspek pencemaran air sehubungan dengan penanggulangan, (7) penanganan pencemaran air secara global. Pada kegiatan lapangan berupa praktek geolistrik dengan target untuk mengidentifikasi apakah telah terjadi pencemaran atau belum di bantaran sungai Kaligarang, khususnya di desa Delik Sukorejo kecamatan Gunungpati.

Pada kegiatan ceramah dan diskusi muncul pertanyaan dari peserta yang umumnya berkaitan dengan proses terjadinya pencemaran air, faktor penyebabnya, dan upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran air. Sebagian peserta menanggapi pertanyaan tersebut sesuai dengan kemampuan dan latar belakang masing-masing peserta. Secara umum tanggapan yang diberikan menunjukkan bahwa pemahaman peserta secara teori sudah baik. Pemahaman tersebut menjadi lengkap jika dibekali praktek tentang pemantauan pencemaran, khususnya pencemaran air akibat kegiatan manusia.

Lokasi kegiatan pengabdian (Gambar 3) berada di ruas bantaran Kaligarang yang terletak di desa Delik Sukorejo. Daerah ini dipilih dengan pertimbangan teknis memungkinkan untuk melakukan pengukuran geolistrik.

Tim pengabdian dan pesesta melakuka pengukuran geolistrik di tiga lintasan searah dengan aliran sungai Kaligarang (Gambar 4) yang mengalir dari timur ke barat. Arah lintasan ini agak berbeda dengan rencana semula, dimana arah lintasan pengukuran geolistrik yaitu utara selatan tegak lurus dengan aliran Kaligarang. Hal ini disebabkan karena di lokasi tidak dimungkinkan menarik kabel sepanjang sekitar 300 meter untuk menancapkan elektroda-elektroda. Sebagian aktivitas pengukuran geolistrik oleh tim pengabdian dan peserta seperti pada Gambar 5 di bawah ini.

Aktivitas pengukuran geolistrik yang terdiri atas akuisisi data, pengolahan data secara langsung di lapangan dengan menggunakan perangkat Res2Div, dan interpretasi hasil pengukuran talah dilakukan oleh peserta dengan baik.



Gambar 3. Lokasi kegiatan pengabdian masyarakat

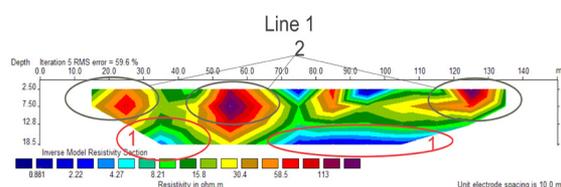


Gambar 4. Arah lintasan pengukuran geolistrik untuk lintasan 1, 2, dan 3



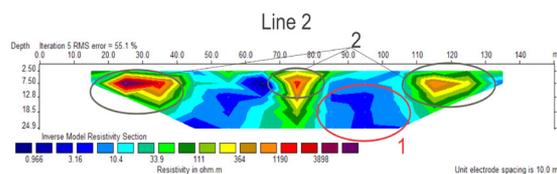
Gambar 5. Aktivitas pengukuran geolistrik

Hasil pengukuran berupa I (arus listrik) dan ΔV (beda potensial) selanjutnya diolah dengan perangkat lunak Res2Div yang dihasilkan penampang resistivitas tanah di lokasi penelitian sampai dengan kedalaman tertentu. Berikut ini disajikan hasil penampang resistivitas pada masing-masing lintasan (Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8).



Gambar 6. Hasil pengolahan data geolistrik pada line 1

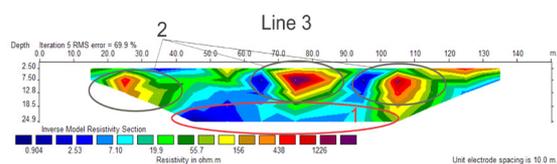
Pada Line 1, spasi antar elektroda 10 meter sehingga panjang line 1 adalah 150 meter. Pada gambar terdapat lingkaran merah yang diberi angka 1 yang menjadi perhatian karena memiliki harga resistivitas 0.881 – 2.22 ohm.m yang diduga merupakan rembesan air sungai pada kedalaman 18.5 meter. Sedangkan pada lingkaran hitam dengan angka 2 memiliki harga resistivitas 58.5 – 113 ohm.m yang diduga merupakan lapisan soil yang yang kering dan berongga.



Gambar 7. Hasil pengolahan data geolistrik line 2

Pada Line 2, spasi antar elektroda 10 meter sehingga panjang line 1 adalah 150 meter. Pada gambar terdapat lingkaran merah yang diberi angka 1 yang menjadi perhatian karena memiliki harga resistivitas 0.966 – 3.16 ohm.m yang diduga merupakan rembesan air

sungai pada kedalaman 12.8 – 24.9 meter. Sedangkan pada lingkaran hitam dengan angka 2 memiliki harga resistivitas 364 – 3898 ohm.m yang diduga merupakan lapisan soil yang yang kering dan berongga.



Gambar 8. Hasil pengolahan data geolistrik line 3

Pada Line 3, spasi antar elektroda 10 meter sehingga panjang line 1 adalah 150 meter. Pada gambar terdapat lingkaran merah yang diberi angka 1 yang menjadi perhatian karena memiliki harga resistivitas 0.904 – 2.53 ohm.m yang diduga merupakan rembesan air sungai pada kedalaman 12.8 – 24.9 meter. Sedangkan pada lingkaran hitam dengan angka 2 memiliki harga resistivitas 156 – 1226 ohm.m yang diduga merupakan lapisan soil yang yang kering dan berongga.

Mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Yulianti dan Sunardi (2010) bahwa berdasarkan analisis kualitatif air sungai Kaligarang mengandung unsure-unsure logam tersebut terdistribusi merata ke seluruh lokasi pengambilan cuplikan air sungai Kaligarang. Selain itu, hasil analisis kuantitatif diketahui kadar kandungan unsure-unsure logam terdeteksi pada cuplikan Kaligarang mulai dari 0,12 mg/liter sampai dengan 13,41 mg/liter dan kadar dari unsure-unsure tersebut belum melebihi batas ambang yang telah ditetapkan pemerintah dalam Surat Keputusan Menteri Kesehatan R.I. No. 907 tahun 2002.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Hakim et al 2003 menunjukkan bahwa sungai Kaligarang telah tercemar oleh logam berat Merkuri (Hg) yang melebihi Nilai Ambang

(NAB) maksimal yang dipersyaratkan. Kondisi menyebabkan ikan *Osteochilus Hasseltii* yang terdapat di perairan sungai Kaligarang telah terkontaminasi oleh logam berat Hg.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil pengabdian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa peserta telah dapat melakukan pengukuran geolistrik dengan baik. Hal ini terlihat dari kemampuan yang muncul, misalnya kemampuan untuk mempersiapkan peralatan alat geolistrik, melakukan aquisisi pengukuran geolistrik yang terdiri atas penentuan konfigurasi elektorde, jarak spasi, membaca alat geolistrik, mengolah data dengan perangkat lunak Res2Div, dan melakukan interpretasi hasil pengukuran dengan baik.

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik dapat disimpulkan bahwa penampang resistivitas penampang lapisan tanah menunjukkan bahwa telah terjadi rembesan air sungai Kaligarang di daerah kegiatan pengabdian masyarakat tetapi rembesan tersebut tidak mengalami pencemaran. Hal disebabkan bahwa lokasi penelitian berada di atas atau berada pada kawasan yang relatif aman jika dibandingkan ruas sungai Kaligarang yang berada setelah pasar Sampangan, kawasan industri Papros, dan kegiatan industri lainnya yang berada di kawasan tersebut yang telah mengalami pencemaran.

Saran

Beberapa saran yang terkait kegiatan pengabdian masyarakat di atas adalah sebagai berikut: (1) Perlu diadakan kegiatan sosialisasi secara periodik tentang pencemaran air dan penyebabnya kepada masyarakat khususnya generasi muda di bantaran sungai Kaligarang. Kegiatan ini akan lebih baik

dengan melibatkan perguruan tinggi, LSM dan dinas-dinas terkait, (2) Pemberdayaan masyarakat dengan ketrampilan melakukan pemantauan pencemaran air sungai Kaligarang dengan menerapkan Teknologi Tepat Guna, (3) Edukasi pencemaran sungai Kaligarang melalui jalur pendidikan dasar, menengah dengan melibatkan sekolah-sekolah yang berada di sepanjang sungai Kaligarang. Bentuk edukasi yang diharapkan, misalnya berupa pembersihan sampah secara berkala, memasukkan materi pencemaran pada proses mata pelajaran yang terkait, dan pembuatan baliho tentang perlunya menjaga sungai Kaligarang dari pecamarang di tempat-tempat strategis.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, 2005. Hand Out Mata Kuliah Geofisika Lingkungan dengan topik Metoda Geolistrik Tahanan jenis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITS, Surabaya.
- Djarismawati. 1990. Pencemaran limbah cair industri terhadap kualitas air sungai, Jakarta. Majalah Andal, No. 9. ISBN. 0215-5672.
- Hakim L, Riyanto, Prayitno. 2003. Analisis kandungan merkuri (Hg) pada air dan air dan ikan nilam (*Osteochilus Hasseltii*) studi kasus di perairan sungai Kaligarang Semarang, Logika, Vol.9, No.10.
- Putra H.S.A. 1997. Sungai dan air Ciliwung. Sebuah kajian etno ekologi, Majalah Prisma, Tahun 1997, Jakarta, LP3ES.
- Sastrawijaya. A. T. 2000. Pencemaran Lingkungan. Jakarta : Rineka Cipta.
- Soemirat, Juli. 2004. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta : GadjahMada University Press
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan pengelolaan sumberdaya alam di wilayah pesisir tropis, Gramedia,

- Jakarta.
- Susena. 1997. Pengaruh tingkat sosial ekonomi penduduk di sekitar Kaligarang terhadap pencemaran perairan Kaligarang Semarang, Laporan Penelitian tidak dipublikasikan, Universitas Diponegoro.
- Trimartuti. 2001. Pencemaran logam berat di Kaligarang. Laporan Penelitian tidak dipublikasikan, Universitas Diponegoro.
- Withgott and Brennan. 2007. Environment : the science behind the stories, Amazon.
- Yulianti D, Sunardi. 2010. Identifikasi pencemaran logam pada sungai Kaligarang dengan metode Analisis Aktivasi Netron Cepat (AANC), Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, Vol. 8, No.1 Juni 2010.