SEMINAR NASIONAL II Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai

Yogyakarta, 12 Mei 2016

Nomor Tema : 2

UJI AKURASI APLIKASI *ELECTROMAGNETIC VERY LOW FREQUENCY* (EM VLF) UNTUK ANALISIS POTENSI AIRTANAH DI PULAU SANGAT KECIL

Ahmad Cahyadi^a, Tjahyo Nugroho Adji^b, Muh Aris Marfai^c
^{a,b,c}Departemen Geografi Lingkungan, ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Aplikasi metode geofisika untuk analisis potensi airtanah menjadi sangat populer karena dinilai sangat praktis dan membutuhkan biaya yang relatif murah dibandingkan dengan pembuatan data bor. Salah satu metode yang sering digunakan untuk analisis potensi airtanah adalah *electromagnetic very low frequency* (EM VLF). Penelitian dilakukan di Pulau Koral Pramuka, Kabupaten Kepulauan Seribu, Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji akurasi dari hasil pengukuran EM VLF dalam analisis potensi airtanah. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran EM FLV dengan data hasil pengukuran lapangan yang meliputi data salinitas airtanah dan kedalaman muka airtanah di Pulau Koral Pramuka. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil analisis data salinitas airtanah pada EM VLF memiliki akurasi 90,91%, sedangkan data kedalaman muka airtanah memiliki akurasi sebesar 95,52%.

Kata Kunci : Uji Akurasi, EM VLF, Potensi Airtanah, Pulau Sangat Kecil

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Geofisika adalah ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip fisika untuk mengetahui dan memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan bumi (Santoso, 2002). Perkembangan ilmu ini diawali dengan aplikasi-aplikasi dalam kajian eksplorasi mineral pada awal abad ke-20 (Singh, 2013). Aplikasinya semakin meningkat seiring dengan keberhasilannya dalam mendeteksi fenomena seperti mineral dan bahan tambang yang berada di bawah permukaan tanah (Weight, 2008). Perkembangannya semakin cepat sejak ditemukannya komputer pada tahun 1950-an sampai dengan 1960-an (Santoso, 2002).

Weight (2008) menyebutkan bahwa eksplorasi geofisika terdiri dari tiga tahapan, yaitu akuisisi data atau pengambilan data, pemrosesan data, serta interpretasi data yang telah diproses. Metode geofisika dalam kaitannya dengan eksplorasi sumberdaya airtanah telah banyak dikembangkan (Lagudu *et al.*, 2013; Duerrast dan Srattakal, 2013), misalnya dengan menggunakan magnetik, elektromagnetik, gaya berat, kelistrikan dan seismik (Reynolds, 1997 dan Santoso, 2002). Pemanfaatan metode geofisika dilatarbelakangi mahalnnya biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan studi dengan menggunakan data bor (Singh, 2013). Biaya yang relatif murah dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan pembuatan

data bor dalam jumlah tertentu dan kedalaman tertentu menjadi alasan utama pemilihan metode eksplorasi geofisika khususnya terkait dengan aplikasinya untuk eksplorasi airtanah (Hischock, 2005). Namun demikian, Weight (2008) mengungkapkan bahwa eksplorasi geofisika memiliki beberapa kelemahan, yaitu:

1. Kontras respon parameter geofisika antara satu material satu dengan material lain yang dianalisis seringkali samar-samar. Beberapa material seringkali memiliki karakteristik khas dengan rentang yang panjang dan beberapa memberikan respon yang hampir sama dengan material yang lain;
2. Resolusi yang dihasilkan seringkali rendah. Resolusi diartikan sebagai kemampuan untuk membedakan dua atau lebih kenampakan dengan jelas. Resolusi ini juga terkait dengan kedetailan proses pengambilan data dan kemampuan sebuah metode untuk mengidentifikasi suatu kenampakan yang berbeda; dan
3. Semua metode geofisika selalu memiliki gangguan (*noise*) dengan derajat tertentu. *Noise* diartikan sebagai gangguan yang menyebabkan hilangnya data, rusaknya data atau pengukuran yang tidak mencerminkan kondisi aslinya.

Metode eksplorasi geofisika dibagi menjadi dua, yakni metode aktif dan metode pasif (Weight, 2008). Metode aktif adalah metode yang menggunakan peralatan yang menghasilkan suatu tenaga atau sumberdaya sendiri, sedangkan metode pasif memanfaatkan tenaga atau sumberdaya yang dihasilkan secara alami oleh alam. Contoh metode aktif adalah geolistrik dan georadar, sedangkan contoh metode pasif adalah metode magnetik, elektromagnetik, gaya berat dan seismik.

Metode elektromagnetik menurut (Weight, 2008) adalah suatu pengukuran yang terkait dengan sifat kelistrikan dan magnetis. Metode ini menurut Sheriff (1991) memanfaatkan asosiasi antara kelistrikan dan magnetis yang kemudian dapat digunakan untuk mendefinisikan kondisi bawah permukaan bumi. Secara alamiah, timbulnya medan elektromagnetik di permukaan bumi akan menyebabkan terjadinya arus listrik yang kemudian melewati material dalam bumi (Santoso, 2002). Kemampuan melewati arus masing-masing material akan tergambar dalam nilai konduktivitas material (Borner, 2009).

Metode *Electromagnetic Very Low Frequency* (EM VLF) adalah salah satu metode geofisika elektromagnetik yang menggunakan sinyal radio dengan frekuensi rendah (15 KHz sampai dengan 30 KHz) dengan daya yang besar dengan aplikasi utamanya pada awalnya digunakan untuk memandu perjalanan kapal selam (Santoso, 2002). Prinsip utama metode ini awalnya adalah dengan memanfaatkan sinyal radio dengan frekuensi rendah yang dipancarkan di 14 lokasi di dunia (Tabel 1.). EM VLF merupakan *receiver* yang membangkitkan frekuensi rendah yang merambat di permukaan bumi sehingga menghasilkan arus listrik yang kemudian mengalir ke bawah permukaan bumi. Keberadaan arus listrik ini tentunya akan dirambatkan oleh material bawah permukaan bumi dengan berbeda-beda sesuai dengan nilai konduktivitasnya. Berdasarkan nilai konduktivitas tersebut, maka jenis material dan sumberdaya airtanah di bawah permukaan tanah dapat didefinisikan berdasarkan interpretasi.

Tabel 1. Lokasi Pemancar Gelombang EM VLF di Seluruh Dunia

No.	Lokasi	Kode	Frekuensi (Hz)	Daya (Kw)
1.	Bordoux, Perancis	FUO	15,1	500
2.	Rugby, Inggris	GBR	16,0	750
3.	Hengeland, Norwegia	JXZ	16,4	350
4.	Gorki, Rusia	ROR	17,0	315
5.	Moskow, Rusia	UMS	17,1	1.000
6.	Yosamai, Jepang	NDT	17,4	500
7.	Oxford, Inggris	BGZ	19,6	500
8.	Annapolis, Amerika Serikat	NSS	21,4	400
9.	Northwest Cape, Australia	NWC	22,3	1.000
10.	Laukeaki, Hawaii, Amerika Serikat	NPM	23,4	600
11.	Buenos Aires, Argentina	LPZ	23,6	-
12.	Cuttler, Miami, Amerika Serikat	NAA	24,0	1.000
13.	Seattle, Amerika Serikat	NLK	24,8	125
14.	Aguada, Puerto Rico	NAU	28,5	100

Sumber: Santoso, 2002

Berdasarkan prinsip Faraday tentang induksi elektromagnetik, Ismail (2013) menyebutkan bahwa medan magnetik yang berosilasi dapat menghasilkan suatu medan listrik. Medan listrik tersebut kemudian akan memproduksi arus listrik di dalam medium yang konduktif, misalnya batuan. Arus-arus yang terbentuk disebut sebagai arus eddy yang mengikuti kaidah tangan kanan. Arus-arus eddy yang terbentuk dalam kumparan kemudian menghasilkan medan magnet sekunder seperti yang terekam dalam instrument EM VLF. Namun demikian, beberapa EM VLF yang telah dimodifikasi, sehingga nilai konduktivitas yang merambatkan arus listrik dapat pula dicatat (Santoso, 2012). Oleh karena itu, maka stratigrafi dan struktur batuan dapat dianalisis dengan menggunakan alat ini.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, metode geofisika merupakan sebuah pendekatan. Aplikasinya memerlukan pengujian tingkat akurasi, sehingga pada penelitian-penelitian mendatang dapat dipilih metode yang memiliki ketelitian yang tinggi, efisien dan hasil yang dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian bertujuan untuk menguji akurasi dari hasil pengukuran EM VLF dalam analisis potensi airtanah khususnya pada lingkungan pulau dengan ukuran sangat kecil (kurang dari 100 km²). Uji akurasi meliputi perbandingan hasil pengukuran EM FLV dengan data hasil pengukuran lapangan berupa data salinitas airtanah dan kedalaman muka airtanah di Pulau Koral Pramuka.

METODE

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam tujuan kedua ini meliputi:

- Geosonar/ EM VLF;
- Electrical Conductivity (EC) Meter*;
- Pita Ukur;
- Checklist* dan Alat Tulis
- Seperangkat komputer dengan aplikasi *Microsoft Office*; dan
- Global Positioning System (GPS)*, untuk mengetahui posisi pengukuran muka airtanah.

Metode Pengambilan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data daya hantar listrik airtanah berdasarkan pengukuran dengan EC meter, data kedalaman muka airtanah berdasarkan pengukuran lapangan dengan pita ukur, data lokasi pengukuran daya hantar listrik dan kedalaman muka airtanah serta data hasil pengukuran kualitas air dan kedalaman muka airtanah dengan menggunakan EM VLF. Pengukuran EM VLF akan menghasilkan data konduktivitas material. Data tersebut saling bersambung karena sifat data yang dihasilkan berupa data *scanning* bawah permukaan (Gambar 1.), bukan berupa titik-titik seperti dalam pengukuran geolistrik dengan konfigurasi Schlumberger. Data yang dihasilkan kemudian dapat dianalisis untuk menentukan kualitas airtanah dan kedalaman muka airtanah. Data-data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data pengukuran langsung dengan menggunakan EC meter untuk kualitas air (berdasarkan daya hantar listrik) dan hasil pengukuran muka airtanah dengan pita ukur pada lubang auger yang dibor dengan bor tangan.

Pengambilan data EM VLF dan pengukuran lapangan dilakukan dengan membuat lintasan memotong Pulau Koral Pramuka dengan arah Barat Laut-Tenggara dan Timur Laut-Barat Daya (Gambar 2.). Berdasarkan pengambilan data seperti pada Gambar 2, diharapkan akan diperoleh potongan melintang akuifer yang memotong sumbu panjang Pulau Koral Pramuka yang memiliki pengaruh paling kecil dari intrusi air laut dari arah Barat Laut - Tenggara. Kondisi ini akan memungkinkan penggambaran pengaruh intrusi air laut yang berasal dari arah Barat Daya – Timur Laut. Hal serupa juga diharapkan pada pengukuran EM VLF pada sumbu lebar Pulau Koral Pramuka, di mana hasil yang diharapkan menghasilkan penampang melintang akuifer yang menggambarkan pengaruh intrusi air laut dari arah Barat Laut – Tenggara dengan pengaruh intrusi dari arah Barat Daya – Timur Laut paling kecil.

Metode Analisis Data

Hasil analisis data yang dihasilkan oleh EM VLF kemudian dianalisis berdasarkan dengan karakteristik dari nilai konduktivitas material. Karakteristik konduktivitas material ini ditunjukkan oleh Gambar 3. Hasil analisis ini akan menghasilkan data kualitas air dan kedalaman muka airtanah di lokasi kajian. Data ini kemudian akan dibandingkan dengan data pengukuran dengan EC meter dan pita ukur.

Hasil pengukuran menggunakan EM VLF divalidasi dengan dua metode, yaitu dengan melakukan validasi kualitas air dan validasi kedalaman muka airtanah. Analisis kualitas air dibandingkan dengan pengukuran salinitas berdasarkan daya hantar listrik, sedangkan data kedalaman muka airtanah divalidasi dengan data pengukuran lapangan dengan menggunakan pita ukur. Tingkat keberhasilan/akurasi ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Tingkat Keberhasilan} = (\text{Jumlah Data Sesuai} / \text{Jumlah Data Total}) \times 100\%$$

Gambar 1. Contoh Data Log Konduktivitas dengan Sistem *Scanning*
(Healey dan Butler, 2003)

Gambar 2. Lokasi Pengukuran EM VLF di Pulau Koral Pramuka

Gambar 3. Nilai Konduktivitas Beberapa Material (Janos, 2009)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian Contoh

Hasil analisis berdasarkan pengukuran EM VLF divalidasi dengan dua metode, yaitu dengan melakukan validasi kualitas air (dalam hal ini berupa salinitas dengan membandingkan data EM VLF dan nilai DHL) dan validasi kedalaman muka airtanah (membandingkan data pengukuran EM VLF dengan pengukuran muka airtanah secara langsung menggunakan pita ukur). Hasil validasi berdasarkan nilai salinitas antara data EM VLF dibandingkan dengan nilai DHL diperoleh nilai akurasi sebesar 68,18 %. Tabel 2. menunjukkan bahwa dari sejumlah 22 titik pengukuran EM VLF, sampel yang teridentifikasi tidak sesuai dengan hasil pengukuran adalah tujuh sampel. Kelemahan dari pengukuran EM VLF adalah hasil analisis hanya dapat membagi kualitas air menjadi tawar, payau dan asin, sehingga jika kualitas air hasil pengukuran DHL memasukkan kelas agak payau dan payau dalam satu kelas, maka berarti hanya ada dua sampel yang tidak sesuai. Berdasarkan hal tersebut, maka akurasi data pengukuran EM VLF untuk kualitas air dapat mencapai 90,91%.

Validasi data EM VLF dengan data kedalaman muka airtanah di pada tunjukkan Tabel 4.8. Tabel 4.8. tersebut menunjukkan bahwa rata-rata akurasi data kedalaman muka airtanah adalah sebesar 95,52%. Akurasi maksimum hasil pengukuran VLF adalah 98,77%, sedangkan akurasi minimum adalah 85,47%. Berdasarkan data yang ada, ketidakakuratan data EM VLF dibandingkan dengan data pengukuran di lapangan lebih disebabkan karena tingkat ketelitian datanya sampai pada 10 cm atau 0,1 m, sedangkan data pengukuran lapangan memiliki ketelitian 1 cm atau 0,01 m (diukur dengan menggunakan pita ukur).

Tabel 2. Validasi Data EM VLF dengan DHL

Nomor Sampel	Nilai DHL (μS)	Salinitas Berdasarkan Pengukuran DHL	Salinitas Berdasarkan EM VLF
1	>20.000	Asin	Asin
2	>20.000	Asin	Asin
3	18.385	Asin	Asin
4	13.283	Payau	Asin
5	14.348	Payau	Payau
6	14.233	Payau	Payau
7	16.442	Asin	Asin
8	18.552	Asin	Asin
9	>20.000	Asin	Asin
10	13.242	Payau	Payau
11	3.442	Agak Payau	Payau
12	4.214	Agak Payau	Payau
13	16.223	Asin	Payau
14	>20.000	Asin	Asin
15	12.282	Payau	Payau
16	13.451	Payau	Payau
17	11.422	Payau	Payau
18	4.762	Agak Payau	Payau
19	4.226	Agak Payau	Payau
20	4.512	Agak Payau	Payau
21	12.221	Payau	Payau
22	14.811	Payau	Payau

Sumber: Hasil Pengukuran Lapangan (2013)

Keterangan: Kolom warna Kuning menunjukkan ketidak sesuaian hasil pengukuran DHL dengan hasil pengukuran EM VLF

Tabel 3. Validasi Data EM VLF dengan Data Kedalaman Muka Airtanah

Nomor Sampel	MAT Berdasarkan EM VLF (m)	MAT Hasil Pengukuran (m)	Akurasi (%)
1	0,60	0,62	96,77
2	0,60	0,71	84,51
3	0,70	0,76	92,11
4	0,80	0,81	98,77
5	1,10	1,28	85,94
6	0,80	0,78	97,44
7	0,70	0,72	97,22
8	0,60	0,64	93,75
9	0,40	0,41	97,56
10	1,00	1,17	85,47
11	1,20	1,21	99,17
12	1,00	1,03	97,09
13	0,80	0,84	95,24
14	0,60	0,62	96,77
15	1,20	1,21	99,17
16	1,40	1,36	97,06
17	1,30	1,24	95,16
18	1,20	1,19	99,16
19	1,00	0,98	97,96
20	0,80	0,82	97,56
21	0,80	0,81	98,77
22	0,80	0,79	98,73
Akurasi Rata-rata			95,52

Sumber: Pengukuran Lapangan (2013)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka disimpulkan bahwa hasil analisis data kualitas airtanah pada EM VLF memiliki akurasi 90,91%, sedangkan data kedalaman muka airtanah memiliki akurasi sebesar 95,52%. Hal ini menunjukkan bahwa metode pendugaan dengan menggunakan EM VLF dapat menghasilkan data dengan kualitas yang baik untuk analisis potensi airtanah di pulau koral sangat kecil.

REFERENSI

- Borner, F. 2009. Complex Conductivity Measurement. dalam Kirsch, R. 2009. *Groundwater Geophysics: a Tool for Hydrogeology*, second edition. Berlin: Springer-Verlag.
- Duerrast, H. dan Srattakal, J. 2013. Geophysical Investigation of Saltwater Intrusion into The Coastal Groundwater Aquifers of Songkhla City, Souhtern Thailand. dalam Wetzelhuetter, C. 2013. *Groundwater in The Coastal Zones of Asia-Pacific*. Dordrecht: Springer.
- Healey, J.M. dan Butler, J.J. 2003. *Construction and Slug Testing of Groundwater Observation Wells in Clay County, Kansas*. Kansas: Kansas Geological Survey.

- Hiscock, K.M. 2005. *Hydrogeology: Principles and Practice*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Ismail, N. 2013. Ground-Water Resources Assessment Using Geophysical Vlf Method: a Case Study From Coastal Urban Forest In Banda Aceh. *Jurnal Natural*, 13(2). Hal. 10-14.
- Janos, F. 2009. *Mineral Exploration*. Magyarorszag, Hungaria: Terv.
- Lagudu, S.; Rao, V.S.S.G.; Prasad, P.R. dan Sarma, V.S. 2013. Use of Geophysical and Hydrochemical Tools to Investigate Seawater Intrusion in Coastal Alluvial Aquifer, Andhra Pradesh, India. dalam Wetzelhuetter, C. 2013. *Groundwater in The Coastal Zones of Asia-Pacific*. Dordrecht: Springer.
- Reynolds, J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley & Sons.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sheriff, R.E. 1991. *Encyclopedic of Exploration Geophysics*. Tulsa, United Kingdom: Society of Exploration Geophysicists.
- Singh, S.C. 2013. Geophysical Viewpoint for Groundwater Resource Development and Management in Coastal Tracts. dalam Wetzelhuetter, C. 2013. *Groundwater in The Coastal Zones of Asia-Pacific*. Dordrecht: Springer.
- Weight, W.D. 2008. *Hydrogeology Field Manual*. New York: McGraw Hill.