



# PROSIDING SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN IX TAHUN 2014



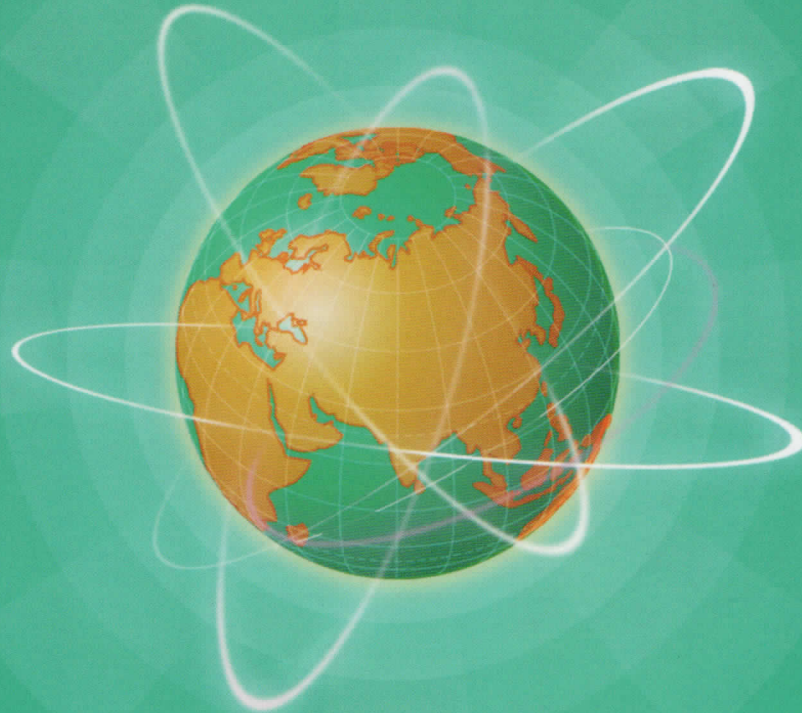
## Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

*Dalam Rangka*

Dies Natalis UPN "Veteran" Yogyakarta ke-56

Nomor ISBN 978-602-8461-29-0



Pengembangan Peran

**IPTEK** Kebumihan untuk

Pelestarian Fungsi Bumi

4-5 DESEMBER 2014



PT BAHARI CAKRAWALA SEBUKU



Mineral & Coal Studio  
for surface and underground mining



PT. Rinjani Kartanegara  
Coal Mining Company



## **PENYUNTING**

### **Reviewer**

Prof. Dr. Ir. C Danisworo, MSc.  
Dr. Ir. Deddy Kristanto, M.T.  
Dr. Ir. Barlian Dwi Nagara, M.T.  
Dr. Ir. Suharsono, M.Si.  
Sintha Prima Widowati, S.T., M.Si.

### **Editor**

Ir. Bambang Triwibowo, M.T.  
Arif Rianto Budi Nugroho, S.T., M.Si.  
Eni Muryani, S.Si., M.Sc.  
Hafiz Hamdalah, S.T.

**Fakultas Teknologi Mineral**  
**Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta**  
**Jl. SWK. 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta**  
**Gedung Arie F. Lasut, Telp. (0274) 487813, (0274) 487814, Fax. (0274) 487813**  
**Email: [semnas\\_ftm@upnyk.ac.id](mailto:semnas_ftm@upnyk.ac.id).**

## DAFTAR ISI

1. Kajian Lingkungan Hidup Strategis Sektor Pertambangan (Studi Kasus Pertambangan Batuan Basalt Di Kabupaten Banyumas) <i>Waterman Sulistyana Bargawa</i> .....	1
2. Rekayasa Hidrologi Untuk Optimisasi Dumping Area Pada Kegiatan Penambangan Batubara Di Kabupaten Lahat <i>Agus Lestari Yuono, Dinar Dwi Anugerah Putranto, dan Sarino</i> .....	13
3. Evaluasi Penggunaan Kapur Tohor Pada Kolam Pengaduk Kapur Di Saluran Air Laya Putih Dalam Penanganan Air Asam Tambang Di PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan` <i>Ditto Pratama Putra, Peter Eka Rosadi, dan R. Hariyanto</i> .....	23
4. Pertimbangan Non Teknis Dapat Menggagalkan Keputusan Investasi Pada Proyek Mineral Dan Batubara <i>S. Koesnaryo</i> .....	31
5. Usulan Rekonsiliasi Penataan Batas Wilayah Izin Usaha Pertambangan Dengan Metode Geodetik <i>Dia'lah Hokосуja Hutabalian</i> .....	35
6. Peningkatan Nilai Ekonomi Limbah Padat Batu Alam Di Desa Lengkong Wetan Kecamatan Sindangwangi Kabupaten Majalengka Jawa Barat <i>Wahyu Hidayat dan Indriati Retno Palupi</i> .....	47
7. Pendugaan Keberadaan Aliran Sungai Bawah Tanah Menggunakan Metode Gradio Very Low Frequency (Vlf) Elektromagnetik (Gradient Vlf-Em) Di Desa Girijati, Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta <i>Wahyu Hidayat dan Suharsono</i> .....	54
8. Perhitungan Sumber Daya Pasirbesi Berdasarkan Data Resistivitas Dipole-Dipole Di Wilayah Kabupaten Lumajang, Jawa Timur <i>Imam Suyanto</i> .....	60
9. Feasibility Study of Dumping Area on Bearing Capacity and Slope Stability <i>Twin H. Widodo Kristyanto, Dicky Muslim, dan Febri Hirnawan</i> .....	68
10. Penerapan Moving Average Pada Data Polarisasi Terinduksi Dalam Domain Waktu (Tdip) Hasil Pemodelan Fisis <i>Yatini, Djoko Santoso, Agus Laesanpura, dan Budi Sulistijo</i> .....	73
11. Studi Probabilitas Ground Motion Dengan Metode Psha Berdasarkan Magnitudo Gempa Di Sekitar Selat Sunda Dan Pengaruhnya Bagi Masyarakat Sekitar <i>Indriati Retno Palupi, Wiji Raharjo, Wrego Seno Giamboro, Reza Prima Yanti, dan Madona</i> .....	81
12. Studi Potensi Pergerakan Massa Batuan Melalui Analisa Bidang Gelincir Tanah Longsor Menggunakan Metode Seismik Refraksi <i>Wrego S. Giamboro, Indriati R. Palupi, dan Ajimas P. Setiahiwibowo</i> .....	88
13. Pelestarian Mata Air Pada Kawasan Yang Diarahkan Peruntukan Perumahan (Kasus Perumahan Wana Hijau Mijen Terhadap Mata Air) Di Kelurahan Wonoplumbon, Kecamatan Mijen, Kota Semarang, Jawa Tengah <i>Andi Sungkowo, Truly Indrayanti, Andi Renata Ade Yudono, dan Ari Widyarini</i> .....	96

**PENDUGAAN KEBERADAAN ALIRAN SUNGAI BAWAH TANAH  
MENGUNAKAN METODE GRADIO VERY LOW FREQUENCY (VLF)  
ELEKTROMAGNETIK (GRADIENT VLF-EM) DI DESA GIRIJATI,  
KECAMATAN PURWOSARI KABUPATEN GUNUNGGIDUL YOGYAKARTA**

**Wahyu Hidayat, Suharsono**

Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104 Condongcatur Yogyakarta 55285  
E-mail : [wahyu.hidayat@upnyk.ac.id](mailto:wahyu.hidayat@upnyk.ac.id)

**Abstrak**

*Telah dilakukan penelitian estimasi aliran sungai bawah tanah di daerah Girijati, Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta dengan menggunakan metode geofisika Gradio Very Low Frequency (VLF) Elektromagnetik (Gradient VLF-EM) untuk mengetahui respon VLF mode sudut tilt. Interpretasi dilakukan dari data VLF sudut tilt dan elliptisitas untuk mengestimasi aliran sungai bawah tanah yang diinterpretasi secara kualitatif dan kuantitatif. Pengukuran dilakukan pada tanggal 9 – 15 Juli. Pemrosesan data menggunakan bahasa komputasi MATLAB. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan pengolahan data yang difilter dengan Moving Average melalui filter Karous-Hajelt dan filter Fraser sehingga memperlihatkan anomali benda konduktif bawah tanah. Nilai kerapatan arus ekivalen dari lintasan 1 hingga lintasan 5 berkisar dari 0-1200%. Zona konduktif dengan nilai dengan  $\geq 600\%$ . Dari peta penampang rapat arus ekivalen lintasan 1 sampai dengan 5 diduga sungai bawah tanah di daerah Girijati, Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta mengalir dari Timurlaut ke Baratdaya dengan kedalaman 10-70 meter.*

**Kata kunci :** *Gradient VLF-EM , Respon VLF, Rapat Arus Ekivalen*

**Pendahuluan**

Daerah Gunungsewu, terutama yang terletak di Kabupaten Gunungkidul terkenal sebagai daerah yang sering mengalami kekeringan terutama di musim kemarau. Penelitian yang pernah dilakukan oleh MacDonald dan Partner pada tahun 1979 dan Zabier pada tahun 1983 dalam Kusumayudha (2005), sekitar 40- 60% curah hujan yang jatuh di Gunungsewu akan langsung meresap kedalam tanah. Tingginya peresapan air ke dalam tanah disebabkan oleh besarnya permeabilitas batuan sehingga air di daerah Gunungsewu lebih banyak berada di bawah permukaan dari pada dipermukaan tanah. Air yang mengalir di bawah permukaan akan membentuk suatu pola aliran tertentu seperti sungai permukaan dengan melewati lorong-lorong gua yang dikenal sebagai aliran sungai bawah tanah.

Salah satu metode geofisika yang efektif dan efisien dalam melakukan pemetaan potensi sungai bawah tanah di kawasan karst adalah dengan menggunakan metode elektromagnetik. Sismanto dkk, pada tahun 2003 pernah melakukan uji coba di sekitar Gua Bribin dengan metode VLF dan dihasilkan respon yang jelas dan akuisisi data yang relatif lebih mudah walaupun medan cukup berat, sehingga metode elektromagnetik VLF ini cukup menjanjikan untuk digunakan dalam pemetaan sungai bawah tanah seperti di daerah Girijati Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta.

**Tinjauan Pustaka**

**Persamaan Maxwell**

Medan elektromagnetik dinyatakan dalam 4 vektor - vektor medan. Yaitu:  $\mathbf{E}$  = intensitas medan listrik (V/m),  $\mathbf{H}$  = intensitas medan magnetisasi (A/m),  $\mathbf{B}$  = induksi magnetik, atau rapat fluks (Wb/m<sup>2</sup> atau tesla) dan  $\mathbf{D}$  = pergeseran listrik (C/m<sup>2</sup>). Keempat persamaan tersebut dikaitkan dalam 4 persamaan Maxwell (2.1).

$$\begin{aligned}\nabla \times \mathbf{E} &= -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \mathbf{H} &= \mathbf{i} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{D} &= \rho_c\end{aligned}\tag{1}$$

Persamaan 1 dapat direduksi dengan menggunakan hubungan-hubungan tensor tambahan sehingga diperoleh persamaan yang hanya berkait dengan medan  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{H}$  saja (Grant and West, 1965). Apabila diasumsikan medan  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{H}$  tersebut hanya sebagai fungsi waktu eksponensial, akan diperoleh persamaan vektorial sebagai:

$$\begin{aligned}\nabla^2 \mathbf{E} &= i\omega\mu\sigma \mathbf{E} - \varepsilon\mu\omega^2 \mathbf{E} \\ \nabla^2 \mathbf{H} &= i\omega\mu\sigma \mathbf{H} - \varepsilon\mu\omega^2 \mathbf{E}\end{aligned}\tag{2}$$

dengan,  $\varepsilon$  permitivitas dielektrik (F/m),  $\mu$  permeabilitas magnetik (H/m), dan  $\sigma$  konduktivitas listrik (S/m). Bagian kiri pada sisi kanan persamaan (2) menunjukkan arus konduksi, sedangkan bagian kanannya menunjukkan sumbangan arus pergeserannya. Di dalam VLF (pada frekuensi < 100 KHz), arus pergeseran akan lebih kecil daripada arus konduksi karena permitivitas dielektrik batuan rata-rata cukup kecil (sekitar  $10\varepsilon_0$  dengan  $\varepsilon_0$  sebesar  $9 \times 10^{-12}$  F/m) dan konduktivitas target VLF biasanya  $\geq 10^{-2}$  S/m. Hal ini menunjukkan bahwa efek medan akibat arus konduksi memegang peranan penting ketika terjadi perubahan konduktivitas medium (Sharma, 1997).

### Pelemahan (Atenuasi) Medan

Sesuai dengan persamaan (2), gelombang bidang yang merambat ke bawah pada sebuah medium dengan konduktivitas  $\sigma$ , dimana medan  $\mathbf{E}$  berorientasi pada sumbu x dan medan  $\mathbf{H}$  pada sumbu y akan memberikan solusi:

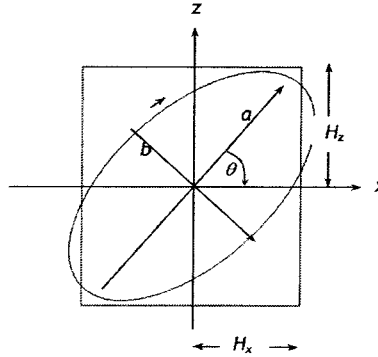
$$\mathbf{E}_x = \mathbf{E}_0 e^{-ikz} = \mathbf{E}_0 e^{-i(\beta + i\alpha)z}\tag{3}$$

dengan  $k$  adalah parameter/angka gelombang ( $k^2 = -i\omega\mu(\sigma + i\omega\varepsilon)$ ). Parameter real  $\beta$  menunjukkan faktor fase (rad/m) dan parameter imajiner  $\alpha$  menunjukkan faktor atenuasi/pelemahan (db/m) gelombang. Mengingat harga konduktivitas dibagi dengan permitivitas listrik dan frekuensi sudutnya sangat lebih besar daripada satu untuk medium batuan, maka faktor fase dan faktor atenuasi bernilai sama (Kaikkonen, 1979). Kedalaman pada saat amplitudo menjadi  $1/e$  (sekitar 37%) dari amplitudo permukaan dikenal sebagai kedalaman kulit (*skin depth* /  $\delta$ ). Kedalaman ini di dalam metode EM sering ditengarai sebagai kedalaman penetrasi gelombang, yaitu

$$\delta = 1/\alpha = \sqrt{\frac{2}{\mu_0\sigma\omega}} \approx 504\sqrt{(\rho/f)}\tag{4}$$

Dalam pengukurannya, alat T-VLF akan menghitung parameter sudut *tilt* dan eliptisitas dari pengukuran komponen in-phase dan out-of phase medan magnet vertikal terhadap komponen horisontalnya. Besarnya sudut *tilt* (%) akan sama dengan perbandingan  $H_z/H_x$  dari

komponen in-phase-nya, sedangkan besarnya eliptisitas  $\varepsilon$  (%) sama dengan perbandingan komponen kuadratnya.



Gambar 1. Parameter polarisasi elips

Jika medan magnet horisontal adalah  $H_x$  dan medan vertikalnya sebesar  $H_x e^{i\phi}$  (Gambar 1), maka besar sudut *tilt* diberikan sebagai;

$$\tan(2\theta) = \frac{2\left(\frac{H_z}{H_x}\right) \cos \phi}{1 - \left(\frac{H_z}{H_x}\right)^2} \quad (6)$$

dan eliptisitasnya diberikan sebagai;

$$\varepsilon = \frac{b}{a} = \frac{H_z H_x \sin \phi}{\left[H_z e^{i\phi} \sin \theta + H_x \cos \theta\right]^2} \quad (7)$$

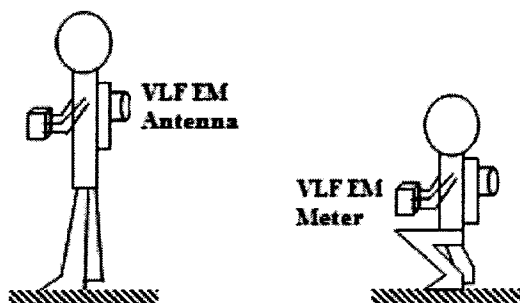
### Rapat arus ekuivalen

Rapat arus ekuivalen adalah arus yang menginduksi konduktor dan arus yang terkonsentrasi dalam konduktor dari daerah disekelilingnya yang kurang konduktif. Asumsi untuk menentukan rapat arus ekuivalen adalah menentukan rapat arus yang menghasilkan medan magnetik yang identik dengan medan magnetik yang diukur. Melalui persamaan Biot-Savart dapat diketahui pengaruh rapat arus sebagai fungsi jarak horisontal dan vertikal terhadap komponen medan magnet vertikal  $H_z$  yang diberikan oleh persamaan:

$$H_z(x) = \frac{1}{2\pi} \int d\varepsilon \int \frac{I(\varepsilon, \varepsilon)(x \mathbf{I} \varepsilon) d\varepsilon}{[(x \mathbf{I} \varepsilon)^2 + \varepsilon^2]} \quad (8)$$

### Metodologi Penelitian Gradio Vlf-Em

Teknik pengukuran data dilakukan dengan teknik Gradio VLF-EM Teknik Gradio VLF-EM memanfaatkan perbedaan ketinggian dari konsol VLF-EM (VLF-EM Meter dan VLF-EM Antenna) terhadap permukaan bumi disetiap titik pengukuran seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Teknik Gradio VLF-EM (Hiskiawan, 2011)

Pengukuran geofisika metode VLF-EM dengan menggunakan teknik akuisisi data gradio memiliki karakteristik pencitraan yang lebih baik dan lebih kompleks untuk penggambaran citra bawah permukaan dalam hal ketajaman warna kontur dan kejelasan titik-titik posisi dugaan *land subsidence* (Hiskiawan, 2011).

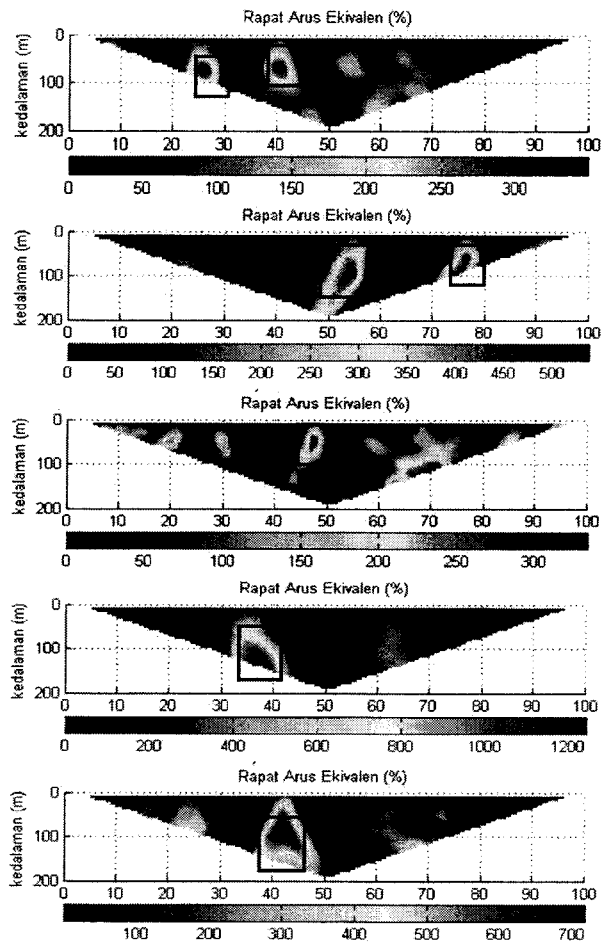
Tabel 1. Parameter akuisisi survey VLF

Parameter	Nilai parameter
Jumlah lintasan	5 lintasan
Panjang Lintasan	1 Km
Spasi titik pengukuran	10 meter
Jumlah titik pengukuran tiap lintasan	100 titik
Frekuensi pengukuran	19800 Hz
Data terukur	<i>Tilt, Elliptisitas</i>

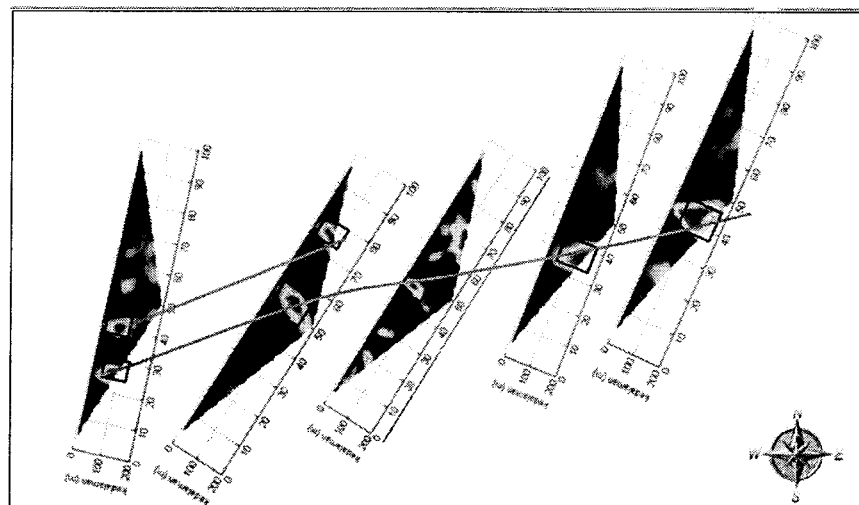
## Hasil Dan Pembahasan

Hasil pengolahan data metode Gradio VLF disajikan pada gambar 3. Nilai kerapatan arus ekivalen dari lintasan 1 hingga lintasan 5 berkisar dari 0-1200%. Zona konduktif ditandai dengan kotak hitam dengan nilai dengan  $\geq 600\%$  (warna merah). Pada lintasan 1 diperkirakan terdapat dua daerah konduktif dengan aliran sungai bawah tanah yang ditandai dengan nilai kerapatan arus ekivalen sebesar  $\geq 600\%$ , sedangkan titik pengukuran yang memiliki nilai kerapatan arus ekivalen yang kecil diduga sebagai kantong air lokal yang terjebak dalam batu gamping yang berongga. Pada lintasan 2 terdapat dua daerah konduktif dengan nilai kerapatan arus ekivalen sebesar  $\geq 600\%$ . Pada lapisan 2 ini terdapat singkapan mulut gua dipermukaan. Pada lintasan 3 terdapat beberapa daerah konduktif dan diperkirakan bahwa daerah yang memiliki aliran sungai bawah tanah hanya pada 2 titik stasiun pengukuran saja. Pada lintasan 4 terdapat satu daerah konduktif dengan nilai kerapatan arus ekivalen yang besar, dan pada lintasan 5 juga terdapat satu daerah konduktif dengan kerapatan arus yang besar.

Kelima lintasan tersebut, bila dikorelasikan keberadaan sungai bawah tanah, diperoleh hasil interpretasi distribusi aliran sungai bawah tanah seperti yang disajikan pada gambar 4. Profil estimasi pada gambar 3 dengan kerapatan arus ekivalen mellihatkan pola penyebaran aliran sungai bawah tanah. Interpretasi kualitatif dilakukan dengan pengolahan data yang difilter dengan *moving average* melalui filter Karous-Hajelt dan filter Fraser sehingga memperlihatkan anomali benda konduktif bawah tanah. Dari hasil penelitian dapat diketahui estimasi sungai bawah tanah di daerah Girijati, Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta mengalir dari Timurlaut ke Baratdaya, terdiri dari dua aliran sungai bawah tanah dan tidak saling berhubungan dengan kedalaman berkisar 10 - 70 meter (garis warna hijau).



Gambar 3. Profil rapat arus ekuivalen pada lintasan 1 sampai 5



Gambar 4. Profil estimasi pola aliran sungai bawah tanah dengan kerapatan arus ekuivalen antar lintasan



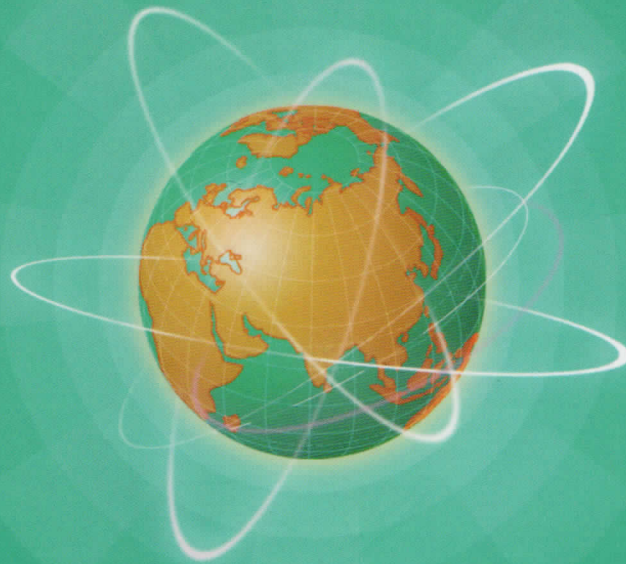
## **Kesimpulan**

Dari penelitian yang telah dilakukan melalui proses pengolahan dan interpretasi data VLF di daerah Girijati, Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara kualitatif sungai bawah tanah di Girijati, Kecamatan Purwosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta diduga terdiri dari dua sungai bawah tanah dengan melihat profil gambaran bawah permukaan yang dihasilkan
2. Secara kuantitatif sungai bawah tanah mengalir dari arah Timurlaut menuju Baratdaya dan kedalaman sungai bawah tanah berkisar  $\pm 10-70$  meter.

## **Daftar Pustaka**

- Grant, F. S and G. F., West, 1965, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, New York, McGraw-Hill Inc.
- Hiskiawan, P., 2011, *Akuisisi Data VLF-EM Menggunakan Teknik Konvensional dan Teknik Gradio*, Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia Vol.11 (1) p.18-22 .
- Sharma, PV., 1997, *Environmental and engineering geophysics*, Cambridge University Press.
- S.B. Kusumayudha. *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunungsewu*, Adicita, Yogyakarta, 2005.
- Sismanto, Eddy H, Sudarmadji, M. Nukman, dan W. Suryanto., 2003, *Tanggapan Gelombang Elektromagnetik Frekuensi Rendah (VLF) dari Sungai Bawah Tanah: Sebuah Uji Coba Metoda VLF di Sekitar Goa Bribin, Gunungkidul, Yogyakarta*, Jurnal Fisika Indonesia, No.2, Vol.VII, Edisi April, 31-42.



ISBN 978-602-8461-29-0



9 786028 461290



Panitia Seminar Nasional Kebumihan IX Tahun 2014  
**Fakultas Teknologi Mineral**  
**Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta**  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condong Catur, Yogyakarta  
Gedung Arie Frederik Lasut It1, Telp (0274) 487814  
email: [semnas\\_ftm@upnyk.ac.id](mailto:semnas_ftm@upnyk.ac.id). Website: <http://www.upnyk.ac.id>

