

# PENDUGAAN ALIRAN SUNGAI BAWAH TANAH DI DESA HARGOSARI GUNUNGGIDUL YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE *VERY LOW FREQUENCY-ELECTROMAGNETIC (VLF-EM)* DENGAN FILTER *NOISE ASSISTED- MULTIVARIATE EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION (NA-MEMD)*

Yesi Yusmita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis

Jln. Bathin Alam Sungai Alam Bengkalis Riau

Email: [yesi\\_yusmita@yahoo.co.id](mailto:yesi_yusmita@yahoo.co.id)<sup>1</sup>

## Abstrak

Air di kawasan *karst* mengalir melalui sistem retakan celah gua. Air bawah permukaan akan terakumulasi dan mengalir dalam suatu pola aliran tertentu melalui lorong-lorong gua yang pada akhirnya membentuk sungai bawah tanah. Sungai bawah tanah daerah *karst* terkadang dapat berada sejajar horizontal namun alirannya berlawanan, bahkan dapat juga saling menyilang bertingkat tidak saling berhubungan. Salah satu daerah yang memiliki kondisi seperti itu adalah desa Hargosari, kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. Sebenarnya di daerah tersebut banyak terdapat air sungai bawah tanah sekalipun di musim kemarau, namun posisi serta kedalamannya belum diketahui, sehingga dilakukan penelitian dengan metode geofisika yaitu metode Elektromagnetik *Very Low Frequency* untuk mengestimasi keberadaan dan kedalaman sungai bawah tanah tersebut. Data lapangan yang didapatkan dari hasil pengukuran metode VLF-EM biasanya tercampur dengan *noise* dan *outlier*, untuk itu digunakan filter NA-MEMD (*Noise Assisted-Multivariate Empirical Mode Decomposition*) yang mampu mereduksi *noise* dan *outlier* dari data pengukuran, dan juga menggunakan filter *Moving Average*, dan filter *Karous H-jelt* untuk menghasilkan kontur rapat arus ekuivalen sehingga posisi sungai bawah tanah dapat diketahui.

Hasil interpretasi rapat arus ekuivalen menunjukkan arah sungai bawah tanah di desa Hargosari ke arah barat mengikuti aliran sebelumnya, dengan kedalaman sungai bawah tanah terlihat pada lintasan 1 berada pada kedalaman 125 m, pada lintasan 2 sungai berada pada kedalaman 120 m, lintasan 3 sungai berada pada kedalaman 112 m, lintasan 4 berada pada kedalaman 105 m, dan untuk lintasan terakhir yaitu lintasan 5 berada pada kedalaman 95 m. Untuk sungai 2, baru terlihat pada lintasan 2 pada kedalaman 115 m, lintasan ke tiga pada kedalaman 110 m, lintasan ke empat pada kedalaman 100 m, dan untuk lintasan kelima pada kedalaman 80 m. Berdasarkan hasil penelitian ini, arah aliran sungai bawah tanah di desa Hargosari mengarah ke Barat.

Kata Kunci : Sungai bawah tanah, VLF, filter NA-MEMD, filter Karous HJelt, rapat arus ekuivalen.

## Abstract

Water in the *karst* region flows through cracks crevice cave system. Subsurface water will accumulate and flow in a certain flow pattern through the cave that eventually forms underground river. Underground river *karst* areas can sometimes be aligned horizontally but the flow may opposite, in fact can also crisscross terraced not interconnected. One area that has such conditions is the Hargosari village, District of Gunungkidul, Yogyakarta. Actually, in the area there are many underground river water even in the dry season, but the position and depth are unknown, research with geophysical methods, namely Very Low Frequency Electromagnetic method to estimate the existence and depth of the underground river is conducted. The field data obtained from the measurement results VLF-EM method is usually mixed with *noise* and outliers, for that used filter NA-MEMD (*Noise Assisted-Multivariate Empirical Mode Decomposition*) capable of reducing *noise* and outliers of measurement data, and also use the Moving Average filter, and Karous H-jelt filter to produce a equivalent current density contours so that the position of the underground river can be seen.

Interpretation of results shows the direction of the equivalent current density of an underground river in the Hargosari village to the west following the previous flow, with an underground river depth be seen at 1 track is located at a depth of 125 m, on 2 track of the river is at a depth of 120 m, 3 track rivers are at a depth of 112 m, 4 tracks located at a depth of 105 m, and for the last track is 5 track is located at a depth of 95 m. For the river 2, new be seen at the track 2 at a depth of 115 m, The third track at a depth of 110 m, and for the fifth track at a depth of 80 m. According to this research, directions underground river in the Hargosari village heading to the west.

Keywords : VLF, underground river, VLF, NA-MEMD filter, Karous H-Jelt filter, equivalent current density

## 1. PENDAHULUAN

Wilayah Kabupaten Gunung kidul termasuk daerah beriklim tropis, dengan topografi wilayah

yang didominasi oleh daerah kawasan perbukitan *karst*. Daerah *karst* memiliki sistem hidrologi yang berbeda dengan batuan lainnya.

Air di kawasan *karst* bergerak melalui sistem retakan celah gua, sedangkan pada kawasan bukan *karst* air tanah bergerak melalui pori-pori batuan. Hubungan sungai perlu diketahui secara jelas, karena pada daerah *karst* sungai bawah tanah terkadang dapat berada sejajar horizontal namun alirannya berlawanan, bahkan dapat juga saling menyalang bertingkat tidak saling berhubungan. Berdasarkan pola yang demikian, hubungan antara sungai dengan sungai lainnya menjadi sulit ditentukan.

Di daerah penelitian ini salah satu sumber air masyarakat adalah dari Baron yang dialirkan melalui pipa-pipa ke desa-desa disekitar Hargosari. Namun, jika musim kemarau panjang, air pada pipa tersebut jarang sekali mengalir, sehingga masyarakat terpaksa membeli air dengan harga mahal. Padahal sebagaimana kita ketahui bahwa daerah *karst* tersebut memiliki sumber air bawah tanah yang selalu mengalir. Oleh sebab itu pengukuran geofisika sangatlah cocok dilakukan untuk mendapatkan posisi aliran sungai bawah tanah.

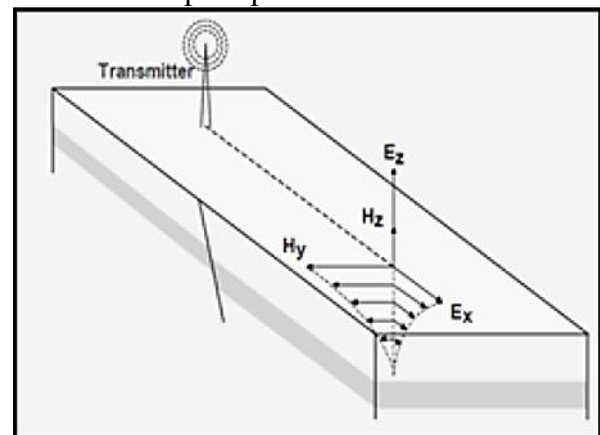
Metode geofisika yang dapat digunakan untuk mencari keberadaan air tanah pada batuan batugamping melalui kontras konduktivitas batuan adalah metode elektromagnetik, yaitu metode dalam eksplorasi geofisika yang umumnya digunakan untuk pencarian bahan-bahan yang bersifat konduktif. Metode tersebut bergantung pada sumber sinyal maupun variasi sensor penerimanya. Metode Elektromagnetik *Very Low Frequency* (VLF) termasuk salah satu dalam metode elektromagnetik yang sumber sinyalnya berasal dari pemancar radio militer berfrekuensi rendah dengan daya tembus tinggi yang semula digunakan untuk navigasi dan komunikasi kapal selam yang berada dilaut. Berdasarkan informasi dari latar belakang ini, daerah Hargosari merupakan kawasan yang sangat membutuhkan sumber air, oleh sebab itu penulis melakukan penelitian untuk mencari pola aliran sungai bawah tanah yang melewati desa tersebut dengan menggunakan metode *Electromagnetic Very Low Frequency* (VLF).

## 2. METODE

### 2.1 Prinsip Dasar Metode VLF-EM

Metode VLF bekerja dengan memanfaatkan pemancar radio dengan frekuensi sekitar 15-30 kHz (atau pada panjang gelombang 10-20 km) sebagai medan primer dan pemancar gelombang radio yang berdaya besar sekitar 100-1000 kW [1]. Mekanisme kerja VLF yang memanfaatkan pancaran gelombang radio dan pemancar VLF akan menginduksi sistem pelapisan bumi yang konduktif [3]. Pola radiasi induksi tersebut akan menimbulkan medan elektromagnetik sekunder yang memberikan gangguan medan magnetik alamiah bumi [2].

Medan elektromagnetik primer sebuah pemancar radio, memiliki komponen medan listrik vertikal  $E_z$  dan komponen medan magnetik horizontal  $H_y$  tegak lurus terhadap arah perambatan sumbu  $x$ . Pada jarak yang cukup jauh dari antena pemancar, komponen medan elektromagnetik primer  $H_y$  dapat dianggap sebagai gelombang yang berjalan secara horizontal. Jika di bawah permukaan terdapat suatu medium yang konduktif, maka komponen medan magnetik dari gelombang elektromagnetik primer akan menginduksi medium tersebut sehingga akan menimbulkan arus induksi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Gelombang Elektromagnetik untuk Metode VLF

Persamaan *Maxwell* dalam bentuk hubungan vektor medan listrik dan medan magnetik dapat digunakan untuk memahami

perambatan gelombang elektromagnetik. Empat persamaan *Maxwell* tersebut adalah:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \tag{1}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \tag{2}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \tag{3}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \tag{4}$$

Dimana

- J** : rapat arus (ampere/meter<sup>2</sup>)
- ρ** : rapat muatan total (coloumb/ meter<sup>2</sup>)
- ε<sub>0</sub>**: permitivitas ruang hampa (farads/meter)
- E** : medan listrik (volt/meter)
- B** : induksi magnet (tesla)
- D** : pergeseran listrik (coloumb/meter)
- H** : intensitas medan magnet (ampere/meter)

### 2.2 Filter *Moving Average*

Filter ini dilakukan dengan cara meratakan sejumlah titik dari sinyal *input* untuk membentuk setiap titik *output*. Filter ini memisahkan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dengan cara meratakan nilai tilt dibagi dengan panjang interval smoothing yang digunakan. Filter ini digunakan dengan persamaan:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{M} \sum_{j=-\frac{(M-1)}{2}}^{\frac{(M-1)}{2}} (S_{i+j}) \tag{5}$$

jika  $\frac{(M-1)}{2} < i < N - \frac{(M-1)}{2}$  (6)

dengan M = panjang interval *smoothing*, lebar jendela, jumlah titik dalam satu *window*

- N : Jumlah total data
- $\bar{Y}_i$  : sinyal output
- $S_{i+j}$  : sinyal input

### 2.3 Filter *Karous Hjelt*

*Filter Karous Hjelt* menghitung sumber arus ekuivalen pada kedalaman tertentu yang pada umumnya dikenal sebagai rapat arus. Posisi rapat arus ekuivalen ini dapat menjadi alat untuk

menginterpretasi lebar dan kemiringan sebuah benda anomaly dengan kedalaman tertentu[4].

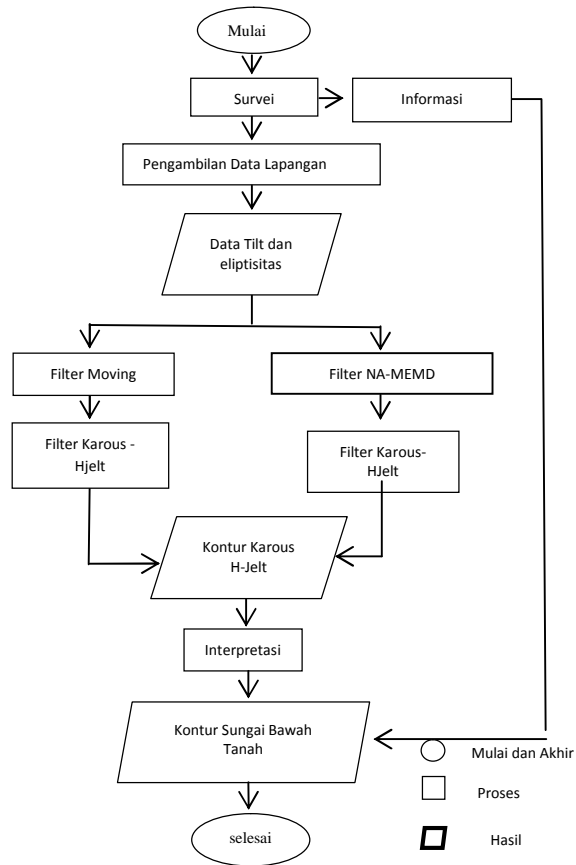
### 2.4 Filter *Noise Assisted-Multivariate Empirical Mode Decomposition (NA-MEMD)*

Filter bekerja dengan menguraikan data ke dalam bentuk satu set mode osilasi yang biasa disebut dengan *Intrinsic Mode Function (IMF)*. Setelah memilih kriteria IMF yang cocok dengan tren data lapangan serta mempertimbangkan kondisi lapangan kemudian memproses IMF tersebut kedalam bentuk gelombang multivariate.

Algoritma NA-MEMD mencoba untuk mengeliminasi interferensi *noise* yang terjadi pada EEMD dan mereduksi *mode-mixing* pada keluaran EMD dan MEMD. ini diuraikan dalam Algoritma, dimana langkah pertama memastikan bahwa saluran *noise* tidak ditambahkan ke sinyal yang sudah memenuhi kriteria IMF. Metode ini beroperasi dengan membentuk sinyal *multivariate* yang terdiri dari *input* data dan *noise* pada *channel* yang terpisah. Algoritma : NA-MEMD

- 1) Periksa apakah sinyal *input* memenuhi kriteria IMF. Jika tidak, lanjutkan ke langkah selanjutnya. Sebaliknya, hentikan proses.
- 2) Buat *gaussian white noise time series* tak berkorelasi (*1-channel*) yang panjangnya sama dengan panjang *input*, dengan  $l = 1$ .
- 3) Tambahkan saluran *noise* (*1-channel*) yang dibuat di langkah 2 ke sinyal masukan *multivariate* (*nchannel*)  $n = 1$ , sehingga diperoleh  $(n + 1)$ -*channel* sinyal *multivariate*.
- 4) Proses sinyal *multivariate*  $(n + 1)$ -*channel* yang dihasilkan  $n + 1 = 2$  menggunakan algoritma MEMD untuk mendapatkan IMF *multivariate*.
- 5) Dari  $(n+1)$  IMF *multivariate* yang dihasilkan, buang *1-channel* yang

bersesuaian dengan *noise*, sehingga memberikan satu set *n-channel IMF* yang sesuai dengan sinyal asli.



**Gambar 2** Diagram alir pengolahan data dan interpretasi

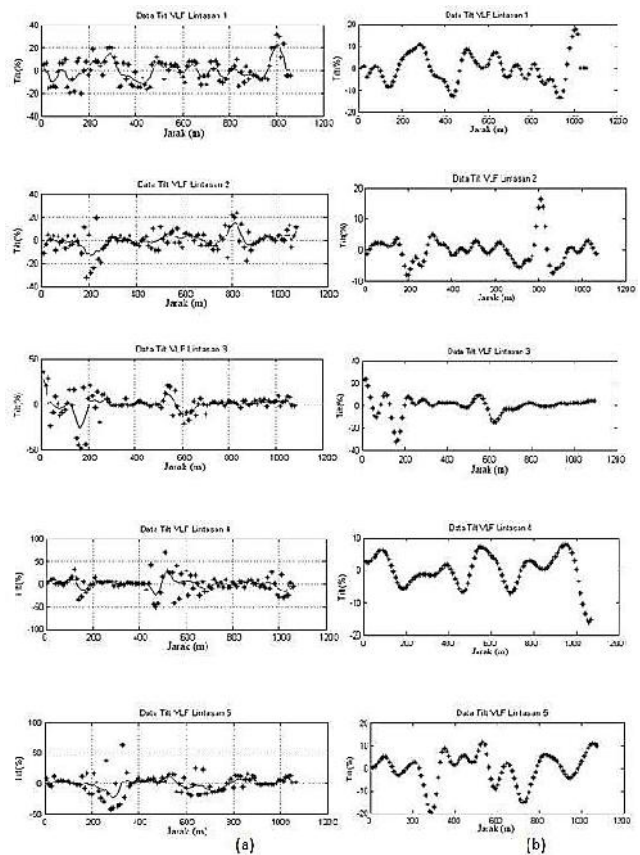
- A. Alat yang digunakan  
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu : Satu set alat VLF-BRGM, peta RBI, GPS Garmin, Meteran, Kompas.
- B. Lokasi Penelitian  
Lokasi penelitian ini dilakukan di desa Hargosari Gunungkidul Yogyakarta, terletak pada koordinat 110,6227 LS dan 8,057 BT sampai dengan 110,6151 LS dan 8,043 BT. Lintasan penelitian sepanjang 1000 m, ada lima lintasan dengan spasi tiap titik pengukuran sebesar 10 m.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Perbandingan Data Tilt Lintasan Pengukuran

Hasil pengolahan data pengukuran menggunakan *filter Moving Average*, dan filter K-Hjelt terlihat bahwa pada Tilt ataupun pada Ellips masih menunjukkan adanya *noise*. Untuk meningkatkan hasil pengamatan sinyal yang lebih halus bebas *noise*, dilakukan *filtering* data dengan menggunakan *filter NA-MEMD*.

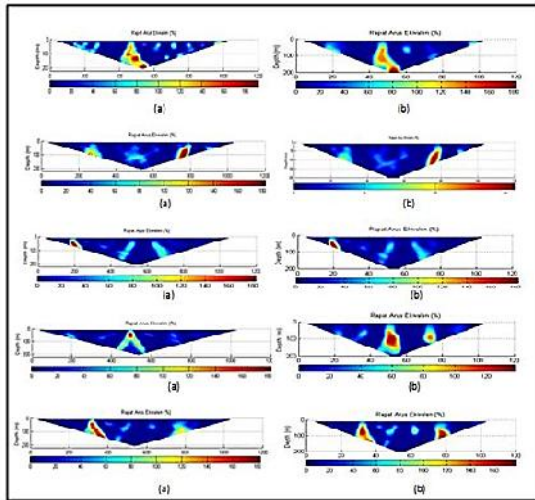
Pada gambar 3, terlihat hasil penghilangan *noise* frekuensi tinggi dan rendah maka diperoleh frekuensi asli dari data VLF. Dari hasil filtering dengan menggunakan NA-MEMD sangat jelas terlihat perbedaan antara data tanpa filter NA-MEMD dengan data hasil filtering yang sudah dengan NA-MEMD. Hasil filter tanpa NA-MEMD lebih ber-*noise* dari hasil yang sudah digabungkan dengan filter NA-MEMD.



**Gambar 3** Hasil Pengolahan Data Tilt Pada Lintasan Pengukuran (a) Pengolahan Data Tilt

Menggunakan *Filter Moving Average*(data lapangan (\*), data terfilter (-)), (b) Hasil Pengolahan Data Tilt Dengan Filter NA-MEMD(\*).

**B. Perbandingan Peta Kontur Rapat Arus Ekuivalen**

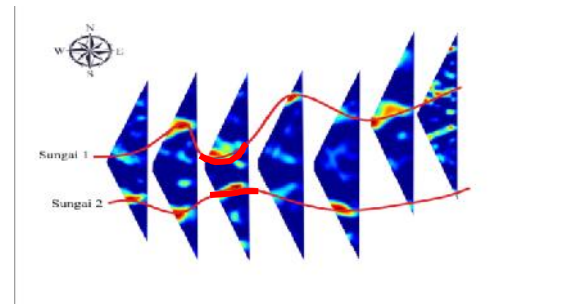


**Gambar 4** Peta kontur rapat arus pada tiap-tiap lintasan (a) Hasil peta kontur menggunakan filter Moving Average (b) Hasil peta kontur dengan filter NA-MEMD

Gambar 4 merupakan kontur rapat arus ekuivalen dari masing-masing lintasan, dari hasil kontur tersebut memperlihatkan perbedaan hasil pengolahan data tanpa menggunakan filter NA-MEMD, sedangkan dengan menggunakan filter NA-MEMD. Pada lintasan 4 dan lintasan 5, terdapat perbedaan yang sangat jelas dari kedua gambar tersebut. Filter NA-MEMD merupakan filter yang mengurangi *noise* yang memiliki nilai tinggi, namun bukan menghilangkannya. Sedangkan pada *moving average* menghilangkan *noise* yang berfrekuensi tinggi. Oleh karena itu, data yang terdistorsi *noise* pada *filter Moving average* bisa teridentifikasi oleh *filter* NA-MEMD. Perbedaan hasil kontur tersebut disebabkan oleh perbedaan data input, pada gambar (b) merupakan data input hasil pengolahan NA-MEMD, hasil pengolahan data tilt lintasan ke 4 pada gambar (b) garis anomalnya lebih tegas dibandingkan lintasan ke 4 pada gambar (a), dimana gambar (a) masih memiliki garis-garis yang tidak halus, dengan kata lain *moving average* belum benar-benar sempurna menghilangkan *noise*.

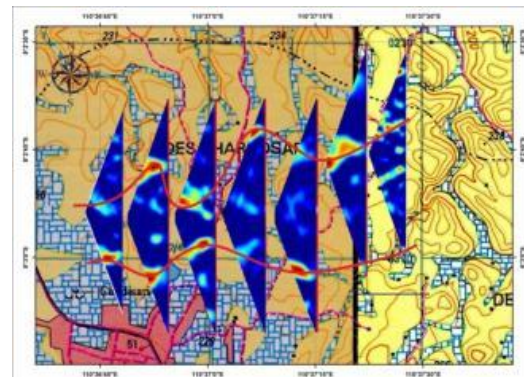
**C. Interpretasi Data**

Estimasi posisi anomali konduktif dapat dilihat pada Gambar 5, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa aliran sungai menjadi 2 pada lintasan 2, 3, 4 dan 5.



**Gambar 5** Ilustrasi aliran sungai bawah tanah di desa Hargosari

Hasil *overlay* aliran sungai bawah tanah berdasarkan kontur rapat arus ekuivalen di sajikan pada gambar 6.



**Gambar 6** Peta aliran sungai berdasarkan kontur rapat arus ekuivalen

**4. KESIMPULAN**

Dari hasil survey dan interpretasi maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

Arah aliran sungai bawah tanah daerah dusun Hargosari berdasarkan interpretasi ada 2 sungai bawah tanah yang mengalir. Sungai 1, untuk lintasan 1 sungai bawah tanah terlihat pada lintasan 1 kedalaman berada pada kedalaman 125 m, pada lintasan 2 sungai berada pada kedalaman 120 m, lintasan 3 sungai berada

pada kedalaman 112 m, lintasan 4 berada pada kedalaman 105 m, dan untuk lintasan terakhir yaitu lintasan 5 berada pada kedalaman 95 m. Arah aliran sungai ini mengalir dari arah Timur ke arah Utara.

Untuk sungai 2, baru terlihat pada lintasan 2 pada kedalaman 115 m, lintasan ke tiga pada lintasan 110 m, lintasan ke empat pada ke dalaman 100 m, dan untuk lintasan kelima 80 m. Berdasarkan hasil penelitian ini, arah aliran sungai bawah tanah di desa Hargosari mengarah ke Barat.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada tim jurnal inovtek Polbeng yang telah memberikan kesempatan hasil penelitian ini diterbitkan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan seperti dari jurusan dan seluruh civitas akademika Polbeng yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bayrak, M. 1995. Use of Electromagnetic VLF Method in Shallow Exploration in Turkey (in Turkish). *Jeofizik*, 9-10, 143-148.
- [2] Hiskiawan, P. 2009. High Resolution Deteksi Reaktif Patahan Dangkal dengan Metode Geofisika, VLF-EM. *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 10 No. 1. 2009 : 68 – 76.
- [3] Hiskiawan, P. 2011. Akuisisi Data VLF-EM Menggunakan Teknik Konvensional dan Teknik Gradio. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* Vol.11 (1) p.18-22.
- [4] Karous, M. dan Hjelt, S.E., 1983. Linear Filtering of Dip-Angle Measurements, *Geophysical Prospecting* 31, 782-794. Kusumayudha, S.B., 2005. *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunungsewu*, Adicita, Yogyakarta