

## ESTIMASI PENYEBARAN POLUTAN DENGAN METODE *SELF POTENTIAL*

(Studi Kasus TPA Jati Barang, Kecamatan Mijen ,Semarang)

Kartini dan Hernowo Danusaputro

Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

### Abstrak

*An Interpretation of pollution in TPA Jati Barang using self potensial method with state elektroda configuration.*

*Interpretation of self potensial data was done by Rao and Ram Babu teory and controlled by water sample test.*

*The result of research show that at research data, the vertical spreading of polutin was found at the depth of the upper edges is (8.48 to 12.28) m and lower edges is (14.80 to 21.34) m angle 26° to 51°. Laterally in the old mound of waste, the concentration of the pollution, means heavy metal is high and over the treshold.*

### Abstrak

*Telah dilakukan intepretasi mengenai penyebaran polutan di TPA Jati Barang dengan metode self potensial menggunakan konfigurasi elektroda tetap.*

*Interpretasi data Self potensial menggunakan teori Rao dan Ram Babu model lempeng miring dan dikontrol oleh analisis sampel air.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian penyebaran polutan secara vertikal mempunyai kedalaman ujung atas berkisar antara (8.48 – 12.28) m, kedalaman ujung bawah (14.80 – 21.34) m ,dengan kemiringan berkisar 26° - 51°. Secara lateral penyebaran polutan sudah menyeluruh didaerah penelitian. Semakin dekat tumpukan sampah yang sudah lama semakin tinggi polutannya dan mengandung logam berat yang telah melebihi ambang batas*

### PENDAHULUAN

TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Jati Barang Kecamatan Mijen dengan luas 46,18 ha merupakan salah satu TPA yang menerapkan sistem *Sanitary landfill*. Luas lahan yang telah tertutupi sampah  $\pm 7$  ha. TPA Jati Barang menampung sampah se-Semarang, yang sudah beroperasi sembilan tahun yang lalu . Dari data Dinas kebersihan kota Semarang tahun 2002 [1], komposisi sampah yang masuk ke TPA Jati Barang 61,95% terdiri dari sampah organik dan 38,05% sampah anorganik. (). Air *leachate* yang dihasilkan disalurkan ke bak-bak penampungan untuk diolah lebih lanjut. Namun metode ini juga memiliki beberapa kelemahan, yang paling menonjol adalah potensi pencemaran air tanah oleh air *leachate*. Mahal dan sulitnya pengolahan sampah sesuai sistem *sanitary landfill* merupakan salah satu alasan, mengapa dalam pelaksanaannya ada yang *sanitary landfill* dan ada yang *open*

*dumping* sehingga timbul urugan liar. Urugan liar ini merupakan sumber bau, gas buang yang memungkinkan timbulnya peledakan, menambah pencemaran air melalui rembesan air *leachate* ke air tanah atau air bawah tanah [2].

Perubahan rancangan lokasi TPA pada saat TPA sudah beroperasi juga terjadi. Ini terlihat adanya bak-bak penampungan air *leachate* dekat Sungai Cebong dan tidak diolah lebih lanjut, kemungkinan lain air *leachate* yang dihasilkan pada tumpukan sampah tidak masuk ke saluran sebagaimana mestinya. Hal inilah yang berbahaya bila air *leachate* merembes masuk ke Sungai Cebong yang terletak disebelah selatan TPA.

Sato dan Mooney [3] menyimpulkan bahwa unsur-unsur logam apabila masuk ke tanah atau perairan akan menyebabkan potensial diri. Terjadinya potensial diri dibawah permukaan memungkinkan

pengukuran diatas permukaan salah satunya dengan metode *Self potential*. Disamping itu unsur-unsur logam ini apabila melebihi ambang batas peruntukannya maka akan menimbulkan pencemaran. Pencemaran ini akan semakin berbahaya kalau zat-zat tersebut termasuk dalam golongan logam berat [4]. Keunggulan metode *self potential* dibandingkan metode-metode lain yaitu sederhana, biaya relatif murah, cepat dan tidak mengganggu kondisi bawah permukaan karena tidak menginjeksikan arus. Dengan menggunakan elektoda porouspot maka efek polarisasi saat pengukuran dapat dihindari [5].

Air *leachate* yang masuk kedalam air tanah atau sungai akan menimbulkan pencemaran. Hal ini berbahaya bagi pemukiman disekitarnya yang berjarak  $\pm 300$  m dan pemukiman disekitar Sungai Cebong, Sungai Kreo dan Sungai Kaligarang. Bila hal ini dibiarkan akan timbul masalah yang lebih luas bagi penduduk kota Semarang. Untuk tindakan pengawasan maka perlu dilakukan survei untuk mengetahui jenis polutan dan bagaimana penyebaran polutannya .

## TEORI DASAR

### Terjadinya Potensial Diri

Metode *Self potential* (SP) adalah metode pasif, karena pengukurannya dilakukan tanpa menginjeksikan arus listrik lewat permukaan tanah, perbedaan potensial alami tanah diukur melalui dua titik dipermukaan tanah. Potensial yang dapat diukur berkisar antar beberapa milivolt (mV) hingga 1 volt [6].

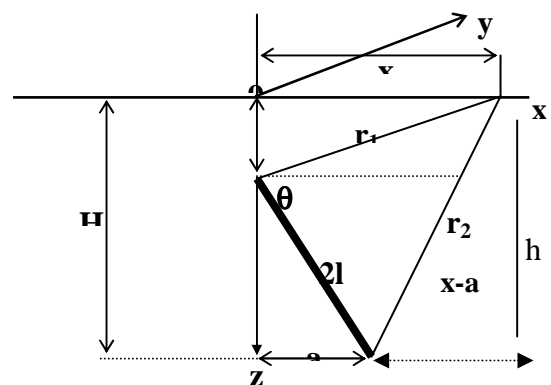
*Self potential* adalah potensial spontan yang ada di permukaan bumi yang diakibatkan oleh adanya proses mekanis ataupun oleh proses elektrokimia yang di kontrol oleh air tanah. Proses mekanis akan menghasilkan potensial elektrokinetik sedangkan proses kimia akan menimbulkan potensial elektrokimia (potensial *liquid-junction*, potensial *nernst*) dan potensial mineralisasi. Komponen rekaman data potensial diri yang diperoleh dari lapangan merupakan gabungan dari tiga komponen dengan panjang gelombang yang berbeda, yaitu efek topografi (TE), SP noise (SPN) dan SP sisa (SPR) [7]

### Model *Self potential*

Dalam penafsiran kuantitatif biasanya didekati dengan model fisis bentuk-bentuk sederhana, seperti bola, lempeng dan silinder sehingga dapat dijabarkan persamaan matematisnya. Model lempeng dua dimensi sering digunakan untuk interpretasi data SP (*Self potential*). Metode interpretasi anomali SP (*Self potential*) model lempeng telah dikembangkan oleh Rao and Ram Babu (1983) [8]. Dengan melihat data geologi lapangan maka interpretasi SP pada penelitian ini didasarkan pada teori Rao and Ram Babu model lempeng dua dimensi dengan asumsi *strike* tak berhingga.

### Penafsiran benda penyebab anomali model lempeng miring

Lempeng miring yang tertanam di dalam tanah (Gambar 1) dianggap sebagai suatu sumber anomali SP (*Self potential*) terletak pada kedalaman dari ujung atas ( $h$ ), kedalaman ujung bawah ( $H$ ) dan panjang ( $2l$ ).



Gambar 1. Penampang lintang model lempeng dua dimensi

Dalam sistem koordinat kartesian O berada tepat di ujung batas lempeng, sumbu Y terletak pada arah *strike*, sedangkan sumbu Z adalah arah vertikal. *Dip* ( $\theta$ ) dari lempeng diukur searah jarum jam terhadap sumbu X positif. Untuk kasus ini besarnya potensial-diri yang terukur di setiap titik P sepanjang profil yang sejajar sumbu X, dirumuskan dengan persamaan:

$$V(x) = M \ln \frac{r_1^2}{r_2} \quad (1)$$

Bila  $r_1$  dan  $r_2$  pada persamaan (1) dinyatakan dalam  $x$ , maka didapat :

$$V_{(x)} = M \ln \frac{x^2 + h^2}{(x-a)^2 + H^2} \quad (2)$$

$$\text{dimana : } M = \frac{\rho I}{2\pi} \text{ dan } a = \frac{H-h}{\tan \theta}$$

dengan  $I$  : rapat arus per satuan panjang,

$\rho$  : resistivitas medium,  $x$  : jarak titik origin (0,0) ke titik P, sedangkan  $h$  : kedalaman ujung atas lempeng dan  $H$  : kedalaman ujung bawah lempeng dengan  $\theta$  : sudut kemiringan lempeng terhadap arah horizontal.

Bila ditentukan  $x_0$  : jarak  $\frac{1}{2} V_{\max}$  dan  $V_{\min}$ ;  $x_s$  : jarak simetris yaitu jarak dari titik *origin* ke titik yang mempunyai amplitudo yang sama tetapi berlainan tanda;  $x_{\max}$  : jarak dari titik *origin* ke titik yang mempunyai voltase maksimum,  $x_{\min}$  : jarak dari titik origin ke titik yang mempunyai voltase paling minimum, sehingga parameter-parameter dari lempeng yang terdiri dari : kedalaman ujung atas ( $h$ ), kedalaman ujung bawah ( $H$ ) dan kemiringan benda penyebab anomali ( $\theta$ ) dapat dihitung dari jarak - jarak  $x_0$ ,  $x_s$ ,  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$ , yaitu dengan menggunakan persamaan - persamaan :

$$h = \left( |x_{\max} - x_{\min}| \right)^{1/2} \quad (3)$$

$$a = \frac{x_s - h^2}{2x_0} \quad (4)$$

$$H = \left( x_s^2 - a^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{H-h}{a} \right) \quad (6)$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan April-Juni 2003 di TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Jati Barang, Kelurahan Jati Barang, kecamatan Mijen, Semarang. Secara geografis TPA terletak antara  $110^{\circ}25'-110^{\circ}30'$  Bujur timur dan  $6^{\circ}50'-7^{\circ}30'$  LS.

### Pengambilan Data

Langkah pertama yang dilakukan adalah mencari informasi geologi (dari peta geologi,

sistem pengolahan sampah dan jenis-jenis sampah yang masuk ke TPA Jati barang.. Setelah itu dilakukan proses pengambilan data di lapangan pada tempat-tempat yang dianggap prospek (dalam penelitian ini yaitu antara timbunan sampah lama dan sungai cebong). Untuk membuktikan bahwa anomali disebabkan oleh polutan maka dilakukan pengambilan sampel air untuk diteliti..

Metode yang dipakai dalam pengumpulan data potensial diri adalah metode elektroda tetap Dengan melihat topografi maka interval pengukuran 15 m dan jarak antar lintasannya juga 15 m.

### Pengolahan Data

#### a. Pengolahan Data SP

Data yang diperoleh dilapangan kemudian dikoreksi dan diinterpretasi kuantitatif dan kualitatif

#### b. Tes Sampel Air

Untuk mengetahui jenis polutan yang terdapat pada daerah penelitian yang menyebabkan anomali, maka dilakukan tes. Tes sampel air meliputi parameter fisik, parameter kimia dan kandungan logam berat dari masing-masing sampel air yang diambil.

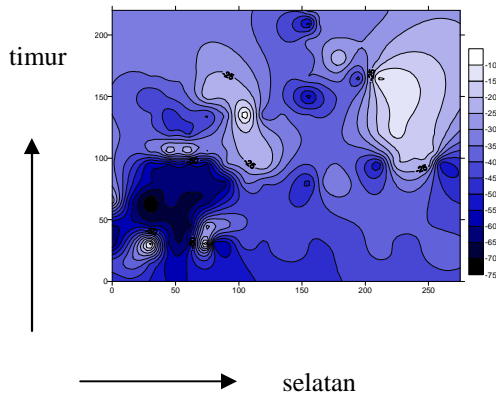
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Self Potensial

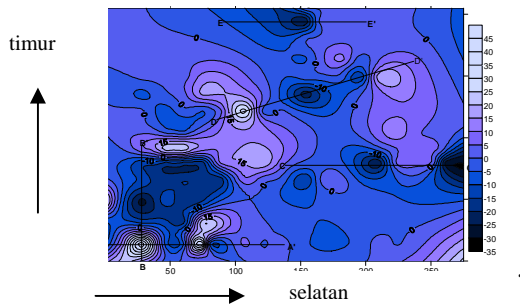
Pengukuran potensial diri dilapangan meliputi 15 lintasan. Lokasi survei berada disebelah selatan timbunan sampah yang terkena dampak. Dari data lapangan diperoleh kontur isopotensial (Gambar 2) Setelah dilakukan koreksi topografi dan noise maka diperoleh kontur residual (Gambar 3). Pada kontur residual di pilih lokasi yang mempunyai klosur-klosur tertutup untuk dibuat tampang melintang A-A', B-B', C-C', D-D' dan E-E' yang melewati titik-titik yang mempunyai nilai lebih negatif atau lebih positif

### Hasil perhitungan Parameter-parameter Polutan dari Masing-Masing Penampang Melintang

Data penampang A-A' kemudian diproyeksikan ke koordinat kartesian sehingga diperoleh penampang melintang (Gambar 4) Setelah dihitung maka diperoleh kedalaman ujung atas ( $h$ ) 12.28 m, ujung bawah ( $H$ ) 14.80 m



Gambar 2 Kontur isopotensial data lapangan



Gambar 3 Kontur isopotensial residual

dengan kemiringan  $48.99^{\circ}$ . Dari data C-C' diperoleh kedalaman ujung atas (h) 8.74 m, ujung bawah (H) 16.18 m dengan kemiringan  $35.00^{\circ}$ . Dari data D-D' diperoleh kedalaman ujung atas (h) 11.11 m, ujung bawah (H) 21.34 m dengan kemiringan  $50.00^{\circ}$ . Untuk data E-E' diperoleh kedalaman ujung atas (h) 8.48 m, Ujung bawah (H) 16.73 m dengan kemiringan  $51.22^{\circ}$

**Pembahasan**

Berdasarkan penampang melintang dan peta kontur isopotensial serta memperhatikan data litologi setempat, dalam hal ini menggunakan acuan peta geologi lembar Semarang dan peta geologi tata lingkungan, maka didapatkan hasil penafsiran penyebaran polutan secara kualitatif dan kuantitatif sebagai berikut :

**Penyebaran polutan secara kualitatif**

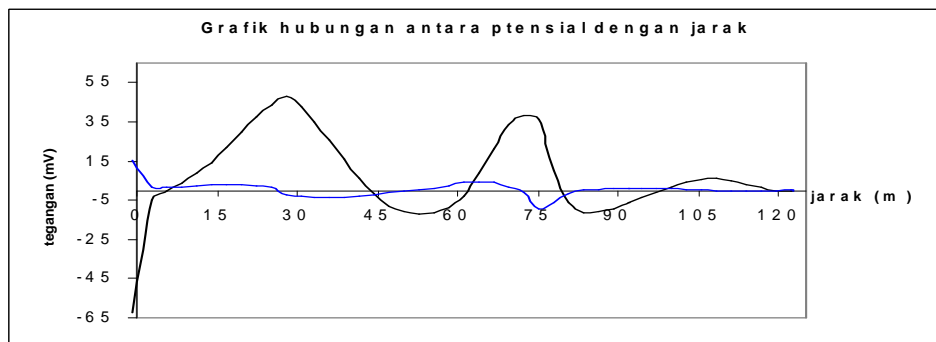
Secara kualitatif penyebaran polutan dapat terlihat dari peta kontur isopotensial. Dari peta kontur potensial terlihat bawah penyebaran polutan yang paling tinggi terletak pada timbunan sampah yang sudah lama. Keberadaan posisi zona anomali diwakili dengan menurunnya potensial hingga secara numerik berharga negatif dan klosur-klosurnya lebih rapat. Penyebaran polutan pada dekat sungai maupun pada tumpukan sampah yang baru cukup rendah, hal ini ditandai dengan harga potensial diri yang kecil.

**Penyebaran polutan secara kuantitatif**

Penyebaran secara kuantitatif meliputi dua hal yaitu penyebaran secara vertikal dan hasil tes sampel air.

**a. Penyebaran polutan secara vertikal**

Untuk mengetahui penyebaran secara vertikal serta mengacu pada data geologi yang ada maka polutan diasumsikan menyebar membentuk lempeng miring. Untuk mengetahui parameter-parameter benda penyebab anomali (polutan) digunakan teori dari Rao dan Ram Babu. Setelah dilakukan perhitungan polutan menyebar dengan kedalaman ujung atas berkisar antara (8.48-12.28) m, kedalaman ujung bawah (14.80-21.34) m dengan kemiringan  $26^{\circ}$  - $52^{\circ}$ .



Gambar 4. Data Penampang A-A'

## Hasil Tes Sampel Air

Tabel 1. Sampel air yang telah diperiksa dilaboratorium

No	Parameter	Sample			Detection Limits	Units	Method
		Air Leachate	Air Sungai	Air Sumber			
1	Aluminium, Al	0.073	0.057	0.077	0	mg/L	ICP
2	Iron, Fe	0.039	<0.007	<0.007	0.007	mg/L	ICP
3	Cadmium, Cd	<0.004	<0.004	<0.004	0.004	mg/L	ICP
4	Zinc, Zn	0.04	0.026	0.008	0.002	mg/L	ICP
5	Lead, Pb	0.12	0.10	<0.04	0.04	mg/L	ICP
6	Nickel, Ni	<0.015	<0.015	<0.015	0.015	mg/L	ICP
7	Copper, Cu	0.043	0.033	0.014	0.006	mg/L	ICP
8	Cobalt, Co	<0.007	<0.007	<0.007	0.007	mg/L	ICP
9	Silver, Ag	<0.007	<0.007	<0.007	0.007	mg/L	ICP
10	Manganese, Mn	1.906	0.232	0.007	0.002	mg/L	ICP
11	Mercury, Hg	0.0003	<0.0002	0.0002	0.0002	mg/L	AAS

### b. Penyebaran polutan dari tes sampel air

Tes sampel air meliputi karakteristik fisika, kimia dan kandungan logam berat. Sebagai acuan digunakan baku mutu air minum.

#### Karakteristik Fisika

1. Suhu yang paling tinggi terdapat pada air sumber sebesar 27,6<sup>0</sup> C; air sungai dan air *leachate* 27,5<sup>0</sup> C. Dari ambang batas yang diperbolehkan (suhu udara  $\pm$  3) suhu air daerah penelitian belum melebihi nilai yang diijinkan.
2. Warna yang paling tinggi terdapat pada air *leachate* 300 Pt Co; air sungai 5 Pt Co; dan air sumber 20 Pt Co. Dari ambang batas yang diperbolehkan (25 Pt Co) air *leachate* telah melebihi ambang yang diijinkan.
3. Kekeruhan tertinggi terdapat pada air sumber 10,72 NTU; air sungai 0,21 NTU; dan air *leachate* 2,10 NTU. Ambang batas yang diperbolehkan yaitu 5 dan air sumber telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan.
4. DHL (daya hantar listrik) tertinggi terdapat pada air *leachate* 1500  $\mu$  mhos/cm; air sungai 700  $\mu$  mhos/cm dan air sumber 210  $\mu$  mhos/cm.
5. TDS tertinggi terdapat pada air *leachate* 1000 mg/l; air sungai 470 mg/l dan air sumber 140 mg/l

semuanya belum melebihi ambang batas.

6. TSS tertinggi terdapat pada air sumber 40.00 mg/l; air *leachate* 39.00 mg/l dan air sungai 8 mg/l.

Dari parameter fisika (warna, DHL, TDS, TSS) ternyata tertinggi terdapat pada air *leachate*. Air sumber mempunyai tingkat kekeruhan yang paling tinggi disebabkan diatas lokasi air sumber merupakan area persawahan.

#### Karakteristik Kimia

1. pH (Derajat Keasaman) tertinggi terdapat pada air sumber 7,93; air *leachate* 7,42 dan air sungai 7,10. Nilai derajat keasaman yang melebihi 7 menunjukkan bahwa cairannya sudah bersifat agak basa, dalam hal ini cairan akan lebih banyak menyerap ion-ion Na, K, Ca dan Mg.
2. Sulfida (S<sup>\*</sup>) kandungan sulfida tertinggi terdapat pada air *leachate* 1,44 mg/l; air sumber 0,88 mg/l dan air sungai 0,72 mg/l.
3. Sulfat (SO<sub>4</sub>) kandungan sulfat tertinggi terdapat pada air sungai 43,11 mg/l; air sumber 16,39 mg/l dan air sungai 1,46 mg/l.
4. Kalsium (Ca) kandungan Ca tertinggi terdapat pada air sungai 160,75 mg/l; air sumber 42,43 mg/l dan air *leachate* 71,81 mg/l.

5. Magnesium (Mg) kandungan magnesium tertinggi terdapat pada air sungai 80,19 mg/l; air leachate 55,40 mg/l dan air sumber 47,63 mg/l.

#### Kandungan logam berat

Kandungan logam berat (Al, Fe, Cd, Zn, Pb, Ni, Cu, Co, An, Mn, Hg) yang telah melebihi ambang batas pada masing-masing sampel air yaitu

1. Air *leachate*, logam berat yang melebihi nilai ambang batas yaitu Pb (timbal) dan Mn (mangan)
2. Air sungai, logam berat yang melebihi nilai ambang batas yaitu Pb (timbal) dan Mn (mangan)
3. Air sumber, kandungan logam beratnya belum melebihi ambang batas tetapi mempunyai derajat keasaman > 7. Hal ini menunjukkan bahwa cairannya sudah bersifat agak basa, sehingga cairan akan lebih banyak menyerap ion-ion Na, K, Ca dan Mg.

Secara keseluruhan kandungan logam berat tertinggi terdapat pada air *leachate*. Potensial yang tinggi ini disebabkan karena pada tumpukan sampah yang sudah lama tersebut mempunyai nilai konduktivitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan air dekat sungai maupun air sumber. Hal ini dimungkinkan pada tumpukan sampah yang sudah lama *leachate* yang dihasilkan tidak masuk ke gorong-gorong dan *leachate* yang sudah terdapat di bak penampungan yang tidak diolah lebih lanjut telah merembes kedalam tanah. Rembesan inilah yang memungkinkan terjadi proses elektrokinetik dan proses elektrokimia

#### KESIMPULAN

Penyebaran polutan tertinggi berada di timbunan sampah lama, titik-titik dekat sungai dan pada timbunan sampah yang baru penyebaran polutannya masih rendah. Dari hasil tes sampel air, pada titik dekat timbunan sampah lama nilai daya hantar listrik paling tinggi yaitu 1500  $\mu$  mhos/cm; diikuti air sungai sebesar 700  $\mu$  mhos/cm dan terakhir air

sumber 210  $\mu$  mhos/cm Kandungan logam berat yang telah melebihi ambang batas yaitu Pb (Timbal) dan Mn (Mangan). Kedua-duanya terdapat pada air *leachate* dan air sungai. Dilihat dari parameter-parameter sumber polutan ujung atas berkisar antara (8.48-12.28)m, kedalaman ujung bawah (14.80-21.34)m dengan kemiringan berkisar  $26^{\circ}$ - $51^{\circ}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1].Dinas kebersihan Kota Semarang, *Data Produksi dan Komposisi Sampah di kota Semarang*, Pemerintah Daerah Kotamadya Semarang, 2002,
- [2].Bennet, Matthew, *Environmental Geology: Geology and The Human Environmental*, John Wiley & Sons, Canada, 1997.
- [3].Sato dan Mooney, *The Elektrochemical Mechanism Of Sulphida Self Potensial*, Geophysics, Vol.XXV, Hal 226-246, 1960.
- [4].Hutagalung, Horas p, t.t.h, *Pencemaran Air Laut oleh Logam Berat*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI, Jakarta, 2002.
- [5].Sharma, P.V., *Environmental and Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge, chapter 5, 1997.
- [6].Corry, E.C, *Spontaneous Polarization With Porphyry sulphida Mineralization*, Geophysics ,Vol. 50, No.6, hal 1020-1034, 1985.
- [7].Telford, W.M., Geldard, L.P., Sherrif, R.E., Keys, D.A*Applied Geophysics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1967.
- [8].Nurwidiyanto, M.I., *Survey Geophysics Metode Self Potential Terhadap Mineral Sulfida di Daerah Krajan*, Skripsi Fakultas MIPA, UGM, Yogyakarta, 1990.