



INTERPRETASI DATA POTENSIAL DIRI (SP) UNTUK MENDETEKSI KEBOCORAN KOLAM PENAMPUNGAN AIR

SKRIPSI

Diajukan Untuk memenuhi Persyaratan
Penyelesaian Program Sarjana Sains Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember



Hadiah Pembelian
Tgl. 15 JUL 2003
Klass 630.1
wul
i
e1
Syt.

Disusun Oleh :

Sri Wulandari
NIM. 991810201029

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2003

MOTTO

"Kau baru saja memulai perjalanan. Kesalahan-kesalahan bisa saja terjadi. Bekali dirimu dengan rasa percaya diri, serta kesungguhan dan ketulusan hati".

(Anand Khrishna)

"Barang siapa yang menempuh suatu jalan menuntut ilmu pengetahuan maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga".

(HR. Muslim)

"Carilah ilmu, jika tidak bisa cintailah orang-orang yang berilmu. Dan andaikan kamu tidak mencintai mereka, maka janganlah membenci mereka".

(Abu Darda)

"Sesungguhnya kemenangan sejati bukan hanya terletak pada dhahirnya, akan tetapi ketika nurani dan kebenaran menjadi saksi dimenangkan atas nafsu dan ambisi".

(Ahmad Syuhada')

PERSEMBAHAN

Karya kecil ini kupersembahkan kepada :

Ayahanda Markum dan ibunda Siti Amanah atas iringan do'a, dukungan dan limpahan kasih sayang yang tiada batas disepanjang hayat dan segalanya.....

Adindaku tersayang Lika Nawang Siwi
atas motivasi, kerja kerasnya dan kasih-sayangnya.

Mas Syahrul "Tmbul" yang telah mengobarkan semangat dan atas pengertiannya

Mas-masku Fendix, Widodo, Antok, Kholid, dan adikku termanis Lina, Eka yang lucu. Aku selalu bahagia mengingat kebersamaan kita.

Almamater Physics yang kubanggakan.

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil penelitian yang dilakukan di kolam penempungan air di desa Jambuan kecamatan Antirogo kabupaten Jember, pada bulan Maret sampai dengan April 2003. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi skripsi ini adalah hasil penelitian saya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya. Skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember 20 April 2003
Sri Wulandari

HALAMAN PENGESAHAN

Karya tulis (skripsi) ini telah dipertahankan di depan tim penguji dan diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Jember pada :

Hari : SABTU

Tanggal : 28 JUN 2003

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

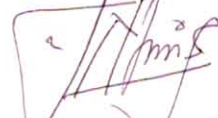
Tim Penguji,

Ketua
(Dosen Pembimbing Utama)



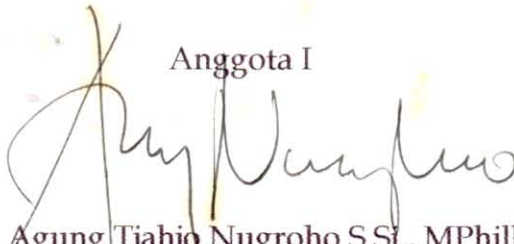
Agus Suprianto S.Si., M.T
NIP. 132 162 507

Sekretaris
(Dosen Pembimbing Anggota)



Dra. Nanik Yulianti. M.Si
NIP. 132 162 508

Anggota I



Agung Tjahjo Nugroho S.Si., MPhill
NIP. 132 085 972

Anggota II



Drs. Imam Rofi'i GDPhys, M.Sc
NIP. 131 975 310

Mengesahkan,

Dekan Fakultas MIPA UNEJ



Ir. Sumadi, MS
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Interpretasi Data Potensial Diri (SP) untuk Mendeteksi Kebocoran Kolam Penampungan Air**".

Selama penulisan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan secara materiil dan spirituil, maka pada kesempatan ini penulis penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih terutama kepada yang terhormat:

1. Ir. Sumadi, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
2. Sujito, PhD, selaku Kepala jurusan Fisika
3. Agus Suprianto, S.Si, MT, selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU), dengan penuh kesabaran dan tanpa lelah membimbing dan mengarahkan, demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Dra. Nanik Yulianti, MSi, selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA), yang memberikan motivasi dan masukan-masukan dalam tugas Akhir ini.
5. Drs. Imam Rofi'l, GDPhys, M.Sc, Agung T. Nugroho, S.Si, M.Phill, Sutisna, Spd, M.Si, Puguh, S.Si selaku dosen Fisika yang memberikan motivasi dan membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Sahabat-sahabatku *Physics '99*, Dyah, Nery, Endhah, Herni, Indri, Rina, dan Elok.
7. Teman-teman seperjuangan '99 yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
8. Kakak-kakaku, Erni, Jack, Gembik, Hadi, Yuni, Febi, Agus dan Bayu atas bantuannya dalam tugas akhir ini.

9. Keluarga besar B45, Bapak Totok, beserta Ibu, Mas Bob, Mas Agus, Karel, Wisnu, Andy, Alex, Candra, Mamik, Ayu, Yayuk, Ika, Nunik, Fitri, Yuni, Dewi, Eni, Rida, Stephen dan Didik.
10. Teman-temanku se-komplek B, Uvin, Suhe, Samsul, Taufik, Eko,
11. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan guna kelancaran terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat dibalas oleh Allah SWT. Kami menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam menambah pengetahuan bagi pembaca.

Jember, 28 Mei 2003

Penulis

9. Keluarga besar B45, Bapak Totok, beserta Ibu, Mas Bob, Mas Agus, Karel, Wisnu, Andy, Alex, Candra, Mamik, Ayu, Yayuk, Ika, Nunik, Fitri, Yuni, Dewi, Eni, Rida, Stephen dan Didik.
10. Teman-temanku se-komplek B, Uvin, Suhe, Samsul, Taufik, Eko,
11. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Semoga segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan guna kelancaran terselesaikannya Tugas Akhir ini dapat dibalas oleh Allah SWT. Kami menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam menambah pengetahuan bagi pembaca.

Jember, 28 Mei 2003

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
DEKLARASI	iv
ABSTRAK	v
PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.3.1 Tujuan	3
1.3.2 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Prinsip Dasar Potensial Diri (SP)	4
2.2 Mekanisme Potensial Diri (SP)	4
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.2.1 Alat yang Digunakan	11
3.2.2 Bahan yang Digunakan	11
3.3 Prosedur Penelitian	11

3.4 Pengolahan dan Analisa Data	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Hasil	13
4.1.1 Kolam tanpa Kebocoran	14
4.1.2 Kolam dengan Kebocoran	17
4.2 Pembahasan	20
4.2.1 Kolam tanpa Kebocoran	20
4.2.2 Kolam dengan Kebocoran	22
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	23
5.1 Kesimpulan	23
5.2 Saran.....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	24
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	25

DAFTAR GAMBAR

No. Gbr	Judul Gambar	Hal
2.1	Proses Elektrokimia-Batere.....	7
2.2	Zona Oksidasi Sulfida seperti Sel Galvanik.....	9
2.3	Beda Potensial Maksimum Beberapa Sumber Mineral.....	10
3.1	Susunan Alat pada Penelitian.....	12
4.1	Map/peta Kolam Penelitian.....	13
4.2	Hubungan Potensial (SP) Vs Posisi sepanjang line 2 sebelum ada kebocoran.....	14
4.3	Hubungan Potensial (SP) Vs Posisi sepanjang line 8 sebelum ada kebocoran.....	15
4.4	Gambar Atas dan Bawah Kontur Dua dan Tiga Dimensi pada Kolam Sebelum ada Kebocoran.....	16
4.5	Hubungan Potensial (SP) Vs Posisi sepanjang line 2 setelah ada kebocoran.....	17
4.6	Hubungan Potensial (SP) Vs Posisi sepanjang line 8 setelah ada kebocoran.....	18
4.7	Gambar Atas dan Bawah Kontur Dua dan Tiga Dimensi pada Kolam Setelah ada Kebocoran.....	19
4.8	Sketsa Kolam Penelitian.....	19

DAFTAR LAMPIRAN

No. Lampiran	Judul Lampiran	Hal
1	Tabel 1. Kolam tanpa Kebocoran.....	26
2	Tabel 2. Kolam dengan Kebocoran	32
3	Tabel 3. Kedalaman Kolam Penelitian	38
4	Grafik Line 1 dan 3 Kolam Penelitian tanpa Kebocoran.....	44
5	Grafik Line 7 dan 9 Kolam Penelitian tanpa Kebocoran.....	45
6	Grafik Line 1 dan 3 Kolam Penelitian dengan Kebocoran	46
7	Grafik Line 7 dan 9 Kolam Penelitian dengan Kebocoran	47



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode Potensial Diri (SP) dilakukan dengan mengukur potensial listrik di permukaan yang terjadi secara alami. Metode SP pertama kali diperkenalkan pada tahun 1930 oleh Robert Fox yang menggunakan elektroda tembaga yang terhubung ke galvanometer untuk mendeteksi *copper sulphide* di Cornwall, Inggris, dan sampai sekarang masih digunakan sebagai peralatan alternatif pada eksplorasi logam dasar khususnya untuk mendeteksi adanya jebakan bijih sulfida (Satto and Monney, 1960).

Metode Geo-listrik/geolistrik adalah suatu metode untuk mendeteksi fenomena dibawah permukaan tanah dengan mempelajari efek kelistrikan dipermukaan yang diakibatkan oleh aliran arus listrik di dalam tanah. Dengan menggunakan metode ini, dapat dilakukan pengukuran potensial, arus dan medan magnet di dalam bumi (tanah) yang secara alami atau buatan. Metode ini meliputi metode SP, *arus telluric*, *Magneto Telluris (MT)*, *resistivity*, elektromagnetik (EM), dan *Included Polarization (IP)* (Telford *et al.*, 1990).

Metode SP akan mengukur potensial listrik alami dari permukaan tanah (bumi), dan telah berhasil dengan baik diterapkan di beberapa tempat di dunia untuk melihat jebakan mineral sulfida dalam jumlah besar. Potensial tanah diukur dengan menggunakan voltmeter yang mempunyai tahanan dalam yang besar dan kontak antara voltmeter dengan tanah digunakan suatu elektrode yang tak terpolarisasi (*non-polarising electrodes*) misalnya Cu/CuSo₄.

Kelebihan dari metode SP ini adalah bersifat tidak merusak, cepat, murah, praktis dengan hanya sebuah voltmeter dan beberapa elektroda

non-polarising. Survei geofisika terutama di bidang eksplorasi bijih mineral biasanya tidak diperlukan dana yang besar (Nyquist, Corry, 2002), misalnya *pyrite* dan *pyrrhotite* akan menghasilkan anomali SP yang kuat yang diasosiasikan sebagai jebakan sulfida atau juga urat-urat (emas) yang berkelanjutan. Mineral-mineral lainnya yang juga menghasilkan anomali yang kuat adalah *chalcopyrite*, *chalcocite*, *covellite*, *graphite* (Satto and Monney, 1960). Di samping itu juga *copper sulfides*, bijih cobalt, *manganese oxides* (Wilckens, 1995 opcit Satto M dan Mooney HM, 1960) sehingga metode SP ini sukses dan banyak digunakan untuk ekspolarasi mineral-mineral diatas.

Secara pasti, mekanisme terjadinya SP tidak diketahui, tetapi ada beberapa pendekatan untuk menjelaskan penyebab dari anomali potensial diri SP ini diantaranya adalah Potensial Mineralisasi (pada zona yang mengandung sulfida, grafit, *copper sulfida* dan lain-lain), Potensial *Shale*, Potensial Difusi dan potensial Elektrokinetik (potensial aliran) (Telford *et al.*, 1990).

Selain sebagai peralatan alterlatif di bidang pertambangan, pada dekade terakhir ini metode SP diaplikasikan di bidang lingkungan, penelitian yang telah dilakukan antara lain oleh ; Hendriana (1998) tentang daerah Bledug dengan metode SP di daerah Kuwu, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah; Imam Suyanto (2000) tentang interpretasi data potensial diri di zona air asin dan air tawar di daerah Parangkusuma, Kabupaten Bantul, daerah Istimewa Yogyakarta; Lasono (2001) mengenai pemetaan penyebaran mineral sulfida dari data potensial diri di daerah Keloran, Selogori, Wonogiri, Jawa Tengah.

Pada suatu kolam penampungan, kebocoran atau rembesan kadang-kadang sulit dideteksi. Kebocoran ini akan menyebabkan adanya aliran fluida keluar dari kolam yang akan menimbulkan anomali potensial. Anomali potensial ini kemudian diamati dengan metode SP,

sehingga metode ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk mendeteksi kebocoran tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

1. Apa perbedaan anomali SP antara kolam sebelum ada kebocoran (tidak terjadi rembesan) dengan kolam setelah ada kebocoran ?
2. Bagaimana menentukan posisi rembesan (kebocoran) pada kolam dengan menggunakan metode SP ?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

1. Mengetahui adanya perbedaan anomali SP pada 2 (dua) kondisi kolam yang berbeda.
2. Mengetahui posisi adanya rembesan (kebocoran) pada kolam tersebut.

1.3.2 Manfaat

1. Dapat mengetahui adanya perbedaan anomali SP pada 2 (dua) kondisi kolam yang berbeda.
2. Dapat mengetahui posisi rembesan (kebocoran) pada kolam tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar Potensial Diri (SP)

Metode potensial diri (SP) adalah metode pengukuran potensial listrik alami dari permukaan bumi, untuk melihat jebakan sulfida dalam jumlah yang besar, survei air tanah dan membantu pemetaan geologi. Potensial listrik pada permukaan tanah diukur dengan menggunakan voltmeter yang menggunakan tahanan yang cukup besar dan kontak antara voltmeter dengan tanah digunakan suatu elektroda yang takterpolarisasi (*non polarising electrodes*) porous seperti CuSO_4 . Tujuan survei SP adalah untuk melihat lebih jauh batuan atau mineral terutama metal sulfida, sumber air tanah, yang dapat menghasilkan anomali SP.

Beberapa pendekatan untuk menjelaskan penyebab anomali SP adalah proses elektrokimia yang terjadi di dalam bumi dan berkaitan dengan adanya air tanah. Proses elektrokimia ini akan menimbulkan Potensial *Liquid-Junction*, Potensial *Shale (Nerst)* dan Potensial Mineralisasi. Penyebab lain adalah proses mekanik yang akan menghasilkan komponen elektrokinetis (Suyanto *et al.*, 2000).

Prinsip dari metode SP adalah pengukuran SP yang berada pada kelompok titik tertentu pada permukaan tanah, dimana yang diukur adalah beda potensial relatif dengan anggapan bahwa besarnya potensial di titik jauh tak terhingga sama dengan nol (Sheriff, 1973 dalam Suyanto, 2000).

2.2 Mekanisme SP

Mekanisme SP belum bisa ditentukan secara pasti, namun beberapa proses bisa menjelaskan mekanisme SP. 1 (satu) merupakan proses mekanik yang menghasilkan potensial elektrolisis dan 3 (tiga) merupakan

proses elektrokimia, yang terdiri dari Potensial *Liquid-Junction*, Potensial *Shale (Nerst)* dan Potensial Mineralisasi.

1. Potensial Elektrokinetis

Aliran potensial zeta atau potensial elektrofiltrasi berkembang meningkat ketika air atau fluida lainnya mengalir ke dalam pasir dan pori-pori batuan. Pada daerah-daerah dengan curah hujan yang tinggi dan bertopografi, aliran potensial ini dapat memperbesar amplitudo. Di Agadak Volcano, Adak Island, Alaska, Anomali SP pada aliran potensial dapat mencapai 2693 mV yang disebabkan oleh potensial aliran. Potensial aliran ini secara umum juga terjadi atau ditemukan dalam *survey Self-Potential (SP)* di atas. Fenomena sumber-sumber panas bumi pertama kali dipelajari oleh Helmholtz pada abad ke-19, untuk aliran dalam sebuah pipa kapiler yang berisi cairan elektrolit (Nyquist J.E., et al, 2002 dan Telford *et al.*, 1990).

$$\left[E = \frac{\varepsilon \rho \zeta}{4\pi\mu} P \right] \quad \dots(1)$$

Dimana :

ε = konstanta dielektrik cairan elektrolit

ρ = resistivitas cairan elektrolit

ζ = parameter antara dinding pipa kapiler dan cairan elektrolit

P = gradien tekanan

μ = viskositas elektrolit

2. Potensial Liquid-Junction

Anomali SP berasosiasi (berhubungan) dengan gradien konsentrasi ionik dalam tanah yang menimbulkan potensial difusi. Jika anion dan kation didalamnya memiliki mobilitas yang berbeda, maka resultan dari perbedaan-perbedaan difusi ini akan menghasilkan potensial listrik. Akibat perpindahan atau pergerakan ion-ion, maka perpindahan ion yang lebih cepat yang mengisi muatan yang berlawanan. Resultan medan listrik yang dibutuhkan akan mempercepat pergerakan ion yang lebih lambat dan menjaga netralitas elektron yang dalam kesetimbangan diberikan oleh E_d (Potensial difusi) (Telford, *et al.*, 1990):

$$\left[E_d = -\frac{R\theta(I_a - I_c)}{F_n(I_a + I_c)} \ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \right] \dots(2a)$$

Dimana :

R = konstanta gas (8.31 J/°C).

F = konstanta Faraday (9.65x10⁴)

θ = temperatur mutlak

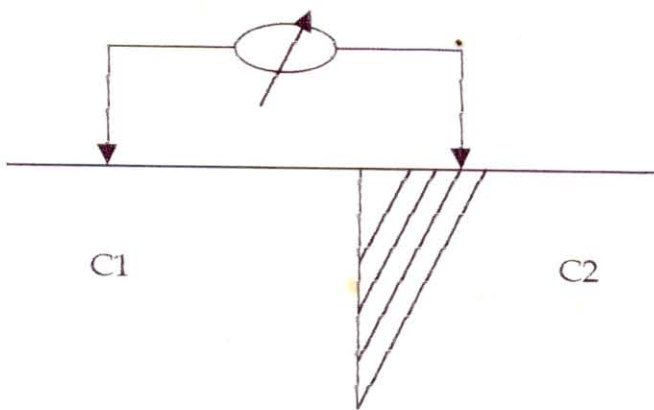
I_a dan I_c = mobilitas anion dan kation.

C_1 dan C_2 = konsentrasi larutan.

Dalam larutan NaCl $I_a/I_c = 1.49$ pada $\theta = 25^\circ$.

$$E_d = -11.6 \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \dots(2b)$$

E_d dalam milivolt.



Gambar 2.1 Proses elektrokimia - baterai

3. Potensial Shale (Nernst)

Potensial *shale* (sekat) berhubungan dengan batu pasir. Hal ini dikenal sebagai potensial sekat (*shale potential*) yang sangat dikenal oleh para *well-loggers*. Sekat tersebut adalah kontak dengan batu pasir (*sand stone*), beda tegangan akan terjadi pada kontak ini, karena sekat tersebut bersifat permeabel terhadap ion-ion Cl. Difusi Na dari batu pasir ke dalam sekat, akan menimbulkan gradien potensial yang cenderung mengendalikan ion-ion Na kembali ke dalam batu pasir. Keadaan *equilibrium* antara difusi dan kelistrikan yang dikendalikan oleh perpindahan/migrasi ion diberikan oleh persamaan Nernst dibawah ini:

$$E_s = -\frac{R\theta}{F_n} \ln\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad \dots(3a)$$

$$n = 1 \text{ dan } \theta = 298K$$

E_s dalam milivolt.

$$E_s = -59.1 \log\left(\frac{C_1}{C_2}\right) \quad \dots(3b)$$

Kombinasi difusi dan Potensial Nernst, seperti elektrokimia, atau statik untuk NaCl pada suhu $T = 0^{\circ}\text{C}$. elektrokimia potensial diri (SP) dalam milivolt.

Elektrokimia Potensial Diri (SP) dalam milivolt

$$E_c = -70.7 \frac{(T + 273)}{273} \log \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \quad \dots(3c)$$

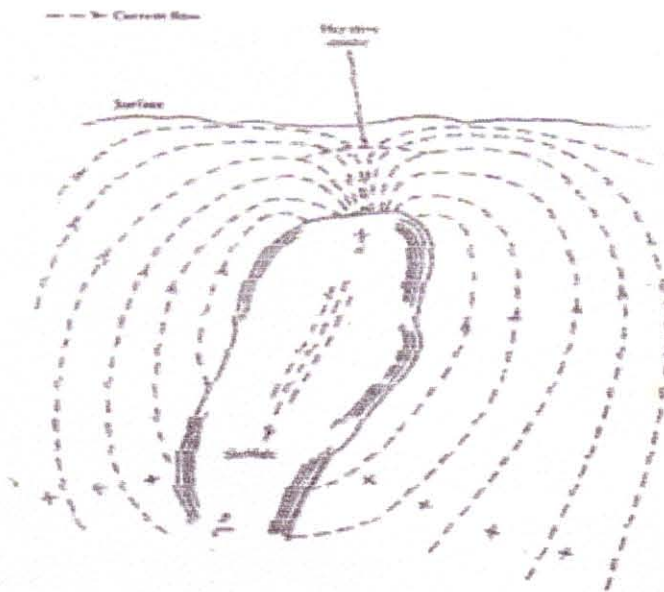
Magnetude antara kedua potensial difusi dan membran adalah sesuai dengan suhu, jadi aktifitas geothermal akan mendorong anomali Potensial Diri (SP).

4. Potensial Mineralisasi

Dari paper-paper yang dilaporkan (Heiland, 1940; De Wittle, 1948; Yungul, 1950; Meiser, 1962; Battacharya dan Roy, 1981; Satyanaraya dan Harichan, 1985), sebagian besar anomali Potensial Diri (SP) berhubungan dengan deposit, mineral sulfida dibawah tanah, potensial ini berasal dari reaksi-reaksi oksidasi-reduksi Geokimia (Redox) yang sama dengan sel galvanik dalam elektrokimia. Satto and Mooney (1960) mengajukan model yang menggambarkan sebuah deposit sulfida yang berada pada *water-table* dengan reaksi-reaksi oksidasi dibagian atas *water-table* dan reaksi-reaksi reduksi dibagian bawah. Bagian atas dan bagian bawah dari deposit sulfida ini seolah-olah seperti sel galvanik dengan bagian atas (anoda) bersifat negatif dan bagian bawah (katoda) bersifat positif. Dalam reaksi ini, ion-ion berpindah melalui pori-pori batuan sekeliling jebakan bijih sulfida. Anomali Potensial Diri (SP) yang paling umum terjadi pada tanah yang mengandung belerang, *chocopyrite*, *phyropit* dan *graphit*. Jarak amplitudonya beberapa milivolt sampai satu volt. Pada saat jarak

amplitudo 200 mV dianggap sebagai anomali yang paling baik (Telford *et al.*, 1990).

Mekanisme SP dalam zona mineral, sama halnya dengan efek geothermal dimana tidak bisa dipahami secara menyeluruh, meskipun beberapa hipotesis untuk menjelaskannya, telah berkembang saat ini. Pengukuran pada lapangan telah menunjukkan bahwa beberapa bagian dari mineral harus berada dalam zona oksidasi agar anomali SP dapat muncul di permukaan. Penjelasan awal, SP berlaku sebagai sel galvanik dengan perbandingan potensial antara zona oksidasi (biasanya permukaan bagian atas), aktivitasnya digambarkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Zona oksidasi sulfida seperti sel galvanik (Telford *et al.*, 1990)

Ada beberapa kelemahan gambar 2.2, graphit merupakan sumber anomali yang besar namun tidak terlihat bercampur dengan zat asam. Disisi lain oksidasi meluas seperti yang terjadi pada kebanyakan logam sulfida akan meninggalkan permukaan bagian atas dari *body* (bijih) dengan muatan positif karena kehilangan elektron. Pada kenyataannya muatannya negatif.

Satto dan Money memberikan potensial maksimum untuk berbagai sumber mineral.

Graphit 0.78 V

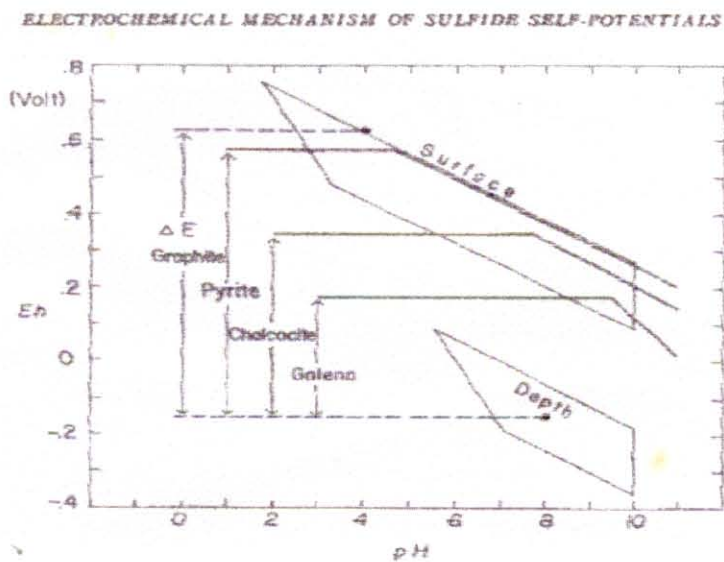
Phyrite 0.73 V

Covellite 0.57 V

Chalcocitite 0.5 V

Galera 0.22 V

Secara jelas beda potensial untuk beberapa sumber mineral dapat digambarkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Beda potensial maksimum beberapa sumber mineral (Satto and Monney, 1960).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai April 2003, di Kolam Penampungan air berukuran 9 x 5.3 x 1m di desa Jambuan kecamatan Antirogo kabupaten Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat yang digunakan

1. Voltmeter digital
2. Elektroda non polar
3. Kabel

3.2.2 Bahan yang digunakan

CuSO_4 (cupri sulfat)

3.3 Prosedur Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) tahap yaitu:

1. Mengukur potensial di sekitar kolam pada saat tidak terjadi rembesan/kebocoran.

Pengukuran potensial ini dilakukan dengan menggunakan elektroda nonpolar dan voltmeter. 2 (dua) elektroda nonpolar ditancapkan di permukaan tanah sebagai stasiun kontrol (*base*), dan 2 (dua) elektroda lainnya bergerak (*rover*) untuk mengukur potensial spontan disekitar kolam. *Rover* ini dipindah-pindah sejauh daerah yang diteliti (pemindahan elektroda dengan jarak konstan) seperti ditunjukkan oleh gambar 3.1.



Gambar 3.1 Susunan alat pada penelitian

Besar potensial terukur adalah

$$\Delta V = V1 - V0 = \Delta V1 + \Delta V2 + \dots + \Delta Vn$$

2. Mengukur potensial disekitar kolam pada saat terjadi kebocoran/rembesan

Langkah-langkah yang dilakukan sama seperti pada tahap pertama.

3. Membandingkan anomali potensial dua kondisi kolam yang berbeda.

3.4 Pengolahan dan Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini adalah dengan metode Kualitatif. Dari data yang diperoleh dibuat grafik beda potensial versus posisi sepanjang sumbu x dan sumbu y. Grafik yang diperoleh akan menunjukkan besarnya potensial dari dua kondisi kolam yang berbeda (kolam sebelum ada kebocoran dan setelah ada kebocoran). Kemudian dibandingkan dua kondisi kolam yang berbeda tersebut.

Selanjutnya data potensial yang diperoleh dibuat kontur equipotensial dalam dua dan tiga dimensi. Kontur dibuat dengan *program versi surfer* dikeluarkan oleh *Golden software Company*. Dari kontur yang diperoleh dapat diketahui kondisi kolam penelitian sebelum ada kebocoran dan setelah ada kebocoran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan anomali potensial antara kolam penampungan dengan kebocoran dan tanpa kebocoran.
2. Letak kebocoran dapat diketahui dengan melihat nilai potensial yang paling tinggi atau puncak pada gambar.
3. Metode ini cukup efektif untuk mendeteksi kebocoran suatu kolam penampungan air.

5.2 Saran

1. Pengambilan data hendaknya dilakukan pada suatu kondisi yang sama (intensitas matahari dan efek regional).
2. Penelitian dengan menggunakan metode potensial diri (SP) dapat dikembangkan dalam proyek yang lebih besar seperti meneliti kebocoran bendungan, kolam penampungan limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelrahman, E.M. and Sharafeldin S.M. 1997. *A Least-Squares Approach To Depth Determination From Self-Potential Anomalies Caused By horizontal Cylinders And Spheres*. Journal Geophysics.
- Battacharyya and Roy. 1981. *Self-Potential Anomalies Caused By horizontal Cylinders And Spheres*. Journal Geophysics.
- Corwin. And Hower. 1979. *Anomalies Spontaneous Polarization*. Journal Geophysics.
- Nyquist. J.E, and Corry , C.E., *Self Potential : The Ugly Duckling Of Environmental Geophysics*, The Leading Edge, Vol 21, no 5, May 2002.
- Satto. And Monney. 1960. *Mechanism Of Spontaneous Polarization*. Journal Geophysics.
- Suyanto, Imam. Khifni, N. Dan Suparwanto. 2000. *Penyebaran Data Potensial Diri Di Zona Air Asin Dan Air Tawar Di Daerah Parangkusuma Yogyakarta*. Jurnal Geofisika.
- Telford, W.M. R.E Sheris, And L.P Geldart. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University. New York.
- Witte, De. 1948. *A New Method Of Interpretation Of Self-Potential Field Data*. Journal Geophysics.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran I

Tabel 1. Data kolam sebelum ada kebocoran

posisi (x)	posisi (y)	Potensial (z)
0	0	-0.2
20	0	-0.5
40	0	-0.2
60	0	-0.4
80	0	0.5
100	0	-0.5
120	0	0
140	0	-0.4
160	0	-0.3
180	0	0
200	0	-0.2
220	0	-0.3
240	0	-0.2
260	0	-0.7
280	0	-1.1
300	0	0.4
320	0	0.7
340	0	0.1
360	0	-0.4
380	0	0.3
400	0	-0.5
420	0	1
440	0	-0.2
460	0	-0.2
480	0	-0.2
500	0	-0.1
520	0	-0.1
540	0	-0.1
560	0	0.1
580	0	0.2
600	0	-0.1
620	0	0.7
620	20	0.7
620	40	0.2
620	60	0.5
620	80	0.8
620	100	0.2
620	120	0.2
620	140	0.6
620	160	0.2
620	180	0.4
620	200	0.1
620	220	0
620	240	0.2
620	260	0.3
620	280	0.3
620	300	0.3
620	320	-0.3
620	340	0.2
620	360	0.8
620	380	0
620	400	0.2
620	420	-0.1
620	440	0.2
620	460	-0.3
620	480	-0.2
620	500	-0.1
620	520	0.2
620	540	-0.3
620	560	-0.2
620	580	-0.5
620	600	0.9
620	620	0.7
620	640	0.6
620	660	-0.1
620	680	-0.3
620	700	0.2

620	720	-0.3
620	740	-0.7
620	760	0.1
620	780	0.3
620	800	-0.6
620	820	1.9
620	840	0.3
620	860	1.1
620	880	1.3
620	900	-0.3
620	920	0.9
620	940	0.1
620	960	-0.6
620	980	1.3
620	1000	1.2
0	1000	0.5
20	1000	0.1
40	1000	-0.1
60	1000	-0.4
80	1000	0.1
100	1000	0.1
120	1000	0.4
140	1000	-0.2
160	1000	0.4
180	1000	-0.2
200	1000	0.1
220	1000	0.3
240	1000	0.3
260	1000	0.6
280	1000	0.2
300	1000	0.1
320	1000	-0.2
340	1000	0.1
360	1000	0.3
380	1000	0.5
400	1000	0.7
420	1000	0.6
440	1000	0.9
460	1000	0.7
480	1000	-0.1
500	1000	0.2
520	1000	0.5

540	1000	0.5
560	1000	0.2
580	1000	0.4
600	1000	0.2
620	1000	0.7
0	20	0.9
0	40	5.8
0	60	0.7
0	80	0
0	100	0.6
0	120	-0.1
0	140	0
0	160	0
0	180	0.1
0	200	0
0	220	0.3
0	240	-0.4
0	260	0.1
0	280	0
0	300	-0.3
0	320	0.3
0	340	-0.3
0	360	-0.2
0	380	-0.1
0	400	0.1
0	420	0
0	440	0.4
0	460	-0.1
0	480	0.8
0	500	-0.4
0	520	0.1
0	540	0.1
0	560	-0.3
0	580	-0.4
0	600	-0.1
0	620	0.1
0	640	0.1
0	660	0.4
0	680	0
0	700	-0.9
0	720	0.3
0	740	1.1

0	760	1.3
0	780	-0.3
0	800	0.5
0	820	0.5
0	840	0.4
0	860	1
0	880	1.7
0	900	0.8
0	920	0.7
0	940	1
0	960	1.9
0	980	1
0	1000	0.8
20	20	0.2
40	20	0
60	20	0.9
80	20	0
100	20	0.1
120	20	0.1
140	20	0.2
160	20	0.3
180	20	-0.1
200	20	0.1
220	20	0.2
240	20	0.5
260	20	0.3
280	20	0.1
300	20	0.9
320	20	0.4
340	20	0.3
360	20	0.6
380	20	-0.2
400	20	-0.3
420	20	-0.2
440	20	0.8
460	20	0.3
480	20	0.4
500	20	0.3
520	20	0.3
540	20	0.1
560	20	0.1
580	20	-0.3

600	20	0.7
600	40	0.3
600	60	0.8
600	80	1.5
600	100	0.5
600	120	1.5
600	140	-0.4
600	160	-0.1
600	180	0.3
600	200	0.7
600	220	0.2
600	240	0.5
600	260	0.6
600	280	0.7
600	300	0.8
600	320	1.7
600	340	0.8
600	360	0.7
600	380	1.9
600	400	1.8
600	420	2.1
600	440	0.4
600	460	0.9
600	480	1.1
600	500	0.5
600	520	2.3
600	540	1.5
600	560	1.7
600	580	1.8
600	600	2.3
600	620	1.6
600	640	1.3
600	660	0.7
600	680	0.5
600	700	0.3
600	720	0.6
600	740	0.5
600	760	2.7
600	780	2.5
600	800	0.8
600	820	0.8
600	840	0.4

600	860	1.1
600	880	1.4
600	900	2.1
600	920	1.5
600	940	0.6
600	960	-0.2
600	980	0.3
20	980	0
40	980	0.7
60	980	0
80	980	0.1
100	980	0.2
120	980	0.2
140	980	0.2
160	980	0.2
180	980	-0.3
200	980	0.2
220	980	0.3
240	980	0.3
260	980	-0.2
280	980	0.8
300	980	0.9
320	980	0.1
340	980	0
360	980	0.9
380	980	-0.3
400	980	0.4
420	980	0.6
440	980	0.4
460	980	0.2
480	980	-0.2
500	980	0
520	980	-0.3
540	980	-0.2
560	980	-0.2
580	980	0.7
600	980	0.6
20	40	1.3
20	60	1.7
20	80	8.7
20	100	0.3
20	120	1.1

20	140	0.2
20	160	0.1
20	180	1
20	200	1.7
20	220	0
20	240	2.8
20	260	0.6
20	280	1.4
20	300	1.5
20	320	2.1
20	340	0.7
20	360	0.9
20	380	0.8
20	400	0.7
20	420	1
20	440	2.2
20	460	0.8
20	480	0.7
20	500	1.3
20	520	1
20	540	1.5
20	560	0.5
20	580	1.1
20	600	0.5
20	620	1.8
20	640	1.6
20	660	2
20	680	1.1
20	700	1.9
20	720	0.7
20	740	0.2
20	760	0.8
20	780	0.6
20	800	0.7
20	820	0.8
20	840	0.6
20	860	1.2
20	880	2.5
20	900	2.5
20	920	0.8
20	940	0.7
20	960	0.7

240	960	0
260	960	0.3
280	960	0.5
300	960	0.6
320	960	0.3
340	960	0
360	960	-0.1
380	960	0.3
400	960	0.4
420	960	0.7
440	960	0.7
460	960	0.8
480	960	0.6
500	960	0.1
520	960	0.1
540	960	0.3
560	960	0.5
580	960	0.1
40	60	0.3
40	80	1
40	100	4.8
40	120	0.6
40	140	0.8
40	160	0.8
40	180	0.6
40	200	0.6
40	220	0.6
40	240	0.4
40	260	0.3
40	280	0.1
40	300	0.5
40	320	0.9
40	340	0.9

40	360	1.3
40	380	0.9
40	400	1.2
40	420	0.6
40	440	0.6
40	460	0.3
40	480	-0.1
40	500	0.5
40	520	0.3
40	540	0.6
40	560	0.1
40	580	-0.3
40	600	0.5
40	620	0.4
40	640	0.7
40	660	0.5
40	680	0.6
40	700	2.1
40	720	1.5
40	740	1.7
40	760	0.9
40	780	0.3
40	800	0
40	820	0.3
40	840	0.6
40	860	0.3
40	880	1
40	900	0
40	920	0.2
40	940	1.3
40	960	1.3

Lampiran II

Tabel 2. Data kolam setelah ada kebocoran

Posisi (x)	Posisi (y)	Posisi (z)
0	0	1
20	0	-0.9
40	0	-0.8
60	0	-0.3
80	0	-0.8
100	0	-0.3
120	0	-0.6
140	0	-0.6
160	0	1
180	0	-0.8
200	0	-0.5
220	0	-0.6
240	0	0.6
260	0	-0.6
280	0	-1
300	0	-0.5
320	0	0.3
340	0	-0.3
360	0	0.3
380	0	0.5
400	0	0.4
420	0	0.2
440	0	0.7
460	0	-0.5
480	0	0.7
500	0	0.1
520	0	6.8
540	0	3.2
560	0	-0.4
580	0	0.4
600	0	1
620	0	1.4
620	20	0.9
620	40	-0.2
620	60	-0.1
620	80	1.1

620	100	0
620	120	1.1
620	140	1.1
620	160	0.2
620	180	0.4
620	200	0.6
620	220	-0.4
620	240	-0.2
620	260	-0.7
620	280	0.7
620	300	0.3
620	320	0.2
620	340	1.7
620	360	0.2
620	380	-0.2
620	400	0.3
620	420	0.2
620	440	1.9
620	460	0
620	480	1.7
620	500	0.2
620	520	0.5
620	540	0.7
620	560	0.6
620	580	-0.1
620	600	0.2
620	620	1.7
620	640	0.4
620	660	2.1
620	680	1.7
620	700	1.9
620	720	0.6
620	740	1.4
620	760	2.4
620	780	1.5
620	800	2.5
620	820	0.8
620	840	2.1

620	860	2
620	880	1.5
620	900	1.4
620	920	1.4
620	940	2
620	960	1.6
620	980	1
620	1000	0.8
0	1000	0.5
20	1000	-0.9
40	1000	-0.3
60	1000	-0.4
80	1000	1
100	1000	-0.9
120	1000	0.8
140	1000	0.3
160	1000	-0.8
180	1000	-0.5
200	1000	-0.6
220	1000	-0.4
240	1000	-0.4
260	1000	-0.3
280	1000	1.1
300	1000	0.5
320	1000	-0.1
340	1000	0.5
360	1000	0.2
380	1000	0.7
400	1000	0.7
420	1000	0.1
440	1000	-0.2
460	1000	0.4
480	1000	-0.4
500	1000	0.6
520	1000	0.9
540	1000	0.3
560	1000	0.7
580	1000	1.1
600	1000	1.2
620	1000	0.7
0	20	1.4
0	40	0.9

0	60	5
0	80	-0.2
0	100	-0.1
0	120	1.1
0	140	0
0	160	1.1
0	180	2.1
0	200	0.2
0	220	0.4
0	240	0.6
0	260	-0.6
0	280	-0.2
0	300	-0.7
0	320	0.2
0	340	0
0	360	1.1
0	380	1.3
0	400	0.3
0	420	0.5
0	440	0.4
0	460	0.2
0	480	0.1
0	500	1.1
0	520	1.2
0	540	0.5
0	560	1.9
0	580	1.1
0	600	2.8
0	620	1.8
0	640	1.7
0	660	1.9
0	680	1.9
0	700	1.6
0	720	0.9
0	740	0.6
0	760	2
0	780	0.8
0	800	0.9
0	820	-0.2
0	840	1.2
0	860	1.5
0	880	1.6

0	900	1.7
0	920	2
0	940	1.4
0	960	1.3
0	980	1.8
0	1000	0.7
20	20	-0.8
40	20	-0.4
60	20	0.3
80	20	0
100	20	-0.4
120	20	1
140	20	0.7
160	20	-0.3
180	20	0.5
200	20	-0.2
220	20	0.3
240	20	-0.2
260	20	1.2
280	20	1.5
300	20	0.3
320	20	-0.1
340	20	1.3
360	20	1.1
380	20	0.3
400	20	0.1
420	20	0.3
440	20	-0.2
460	20	0.8
480	20	0.8
500	20	-0.2
520	20	1.1
540	20	8.2
560	20	3.2
580	20	2.1
600	20	0.8
600	40	0.8
600	60	1
600	80	1.1
600	100	2
600	120	2.1
600	140	1.6

600	160	0.4
600	180	0.7
600	200	1.1
600	220	2.1
600	240	0.3
600	260	-0.1
600	280	0.8
600	300	-0.2
600	320	-0.3
600	340	0.2
600	360	1.4
600	380	1.5
600	400	1
600	420	1.6
600	440	1.4
600	460	1.2
600	480	0.9
600	500	1
600	520	1.8
600	540	1.8
600	560	1.6
600	580	1.1
600	600	0.8
600	620	1.2
600	640	2.1
600	660	1.8
600	680	1.4
600	700	1.3
600	720	0.3
600	740	1
600	760	1.2
600	780	1.7
600	800	1
600	820	0.1
600	840	-0.2
600	860	0.3
600	880	1.3
600	900	0.2
600	920	0.2
600	940	1.1
600	960	0.9
600	980	0.7

20	980	-0.4
40	980	0.3
60	980	-0.4
80	980	1
100	980	0.7
120	980	-0.3
140	980	0.5
160	980	-0.3
180	980	0.3
200	980	-0.2
220	980	1.2
240	980	1.5
260	980	0.3
280	980	0.4
300	980	-0.1
320	980	0.2
340	980	0.8
360	980	-0.2
380	980	0.3
400	980	-0.3
420	980	0.4
440	980	0.9
460	980	-0.2
480	980	0.8
500	980	0.8
520	980	1.1
540	980	0.6
560	980	0.8
580	980	0.5
600	980	0
20	40	1.6
20	60	0.3
20	80	7
20	100	1
20	120	1.1
20	140	2
20	160	2.1
20	180	0.6
20	200	0.5
20	220	1.1
20	240	2.1
20	260	0.3

20	280	-0.1
20	300	0.8
20	320	-0.2
20	340	-0.3
20	360	0.2
20	380	1.4
20	400	1.4
20	420	1
20	440	1.5
20	460	1.4
20	480	1.2
20	500	0.9
20	520	1
20	540	1.1
20	560	2.9
20	580	1.6
20	600	1.2
20	620	1.1
20	640	1.8
20	660	1
20	680	2.6
20	700	1.6
20	720	1.7
20	740	0.9
20	760	1.5
20	780	0.7
20	800	1
20	820	1.8
20	840	1.4
20	860	0
20	880	0.6
20	900	0.7
20	920	0.2
20	940	0.7
20	960	1.3
40	40	0.1
60	40	1
80	40	1.5
100	40	0.5
120	40	0.2
140	40	0.6
160	40	0.6

180	40	0.7
200	40	0.5
220	40	-0.1
240	40	0.7
260	40	-0.3
280	40	-0.2
300	40	0.3
320	40	0.6
340	40	-0.3
360	40	-0.2
380	40	0.5
400	40	0.4
420	40	-0.1
440	40	0
460	40	-0.1
480	40	0.2
500	40	0.5
520	40	9.2
540	40	1.1
560	40	1.7
580	40	0.9
580	60	1.2
580	80	2.2
580	100	1
580	120	1.5
580	140	1.1
580	160	0.9
580	180	0.1
580	200	1.5
580	220	0.7
580	240	0.7
580	260	1
580	280	1.6
580	300	1.3
580	320	1.6
580	340	2.3
580	360	1.4
580	380	1.7
580	400	0.7
580	420	1.8
580	440	2.2
580	460	2

580	480	1.8
580	500	1.6
580	520	1
580	540	0.4
580	560	1
580	580	0.9
580	600	0.9
580	620	1.2
580	640	1.7
580	660	0.2
580	680	0.8
580	700	0.3
580	720	2
580	740	1.7
580	760	1.4
580	780	1.3
580	800	1.2
580	820	1.7
580	840	1
580	860	0.8
580	880	1
580	900	1
580	920	0.9
580	940	0.4
580	960	0.3
40	960	0.2
60	960	0.1
80	960	1.7
100	960	0.5
120	960	0.2
140	960	0.6
160	960	0.6
180	960	0.5
200	960	-0.1
220	960	0.7
240	960	-0.2
260	960	-0.2
280	960	-0.3
300	960	-0.1
320	960	-0.1
340	960	0.6
360	960	0.4

380	960	0.2
400	960	0
420	960	-0.1
440	960	0.2
460	960	0.8
480	960	0
500	960	0.8
520	960	0.5
540	960	0
560	960	0.3
580	960	0.4
40	60	1.9
40	80	1
40	100	4.5
40	120	1.2
40	140	0.5
40	160	0.4
40	180	0.9
40	200	0.5
40	220	0.3
40	240	1.1
40	260	0.7
40	280	0.1
40	300	0.8
40	320	0.8
40	340	0.8
40	360	1.7
40	380	0.2
40	400	-0.1

40	420	0.3
40	440	0.7
40	460	0.8
40	480	2.1
40	500	1.5
40	520	0.6
40	540	0.9
40	560	0.9
40	580	1.2
40	600	1.2
40	620	1
40	640	1.3
40	660	0.7
40	680	1.8
40	700	1.5
40	720	0.3
40	740	0.3
40	760	-0.4
40	780	-0.5
40	800	1.9
40	820	0.8
40	840	-0.3
40	860	0.2
40	880	0
40	900	1.1
40	920	1.6
40	940	1.4
40	960	0.8

Lampiran III

Tabel 3. Data kedalaman kolom penelitian

Posisi (x)	Posisi (y)	Kedalaman (z)
0	0	0
20	0	0
40	0	0
60	0	0
80	0	0
100	0	0
120	0	0
140	0	0
160	0	0
180	0	0
200	0	0
220	0	0
240	0	0
260	0	0
280	0	0
300	0	0
320	0	0
340	0	0
360	0	0
380	0	0
400	0	0
420	0	0
440	0	0
460	0	0
480	0	0
500	0	0
520	0	0
540	0	0
560	0	0
580	0	0
600	0	0
620	0	0
620	20	0
620	40	0
620	60	0
620	80	0

620	100	0
620	120	0
620	140	0
620	160	0
620	180	0
620	200	0
620	220	0
620	240	0
620	260	0
620	280	0
620	300	0
620	320	0
620	340	0
620	360	0
620	380	0
620	400	0
620	420	0
620	440	0
620	460	0
620	480	0
620	500	0
620	520	0
620	540	0
620	560	0
620	580	0
620	600	0
620	620	0
620	640	0
620	660	0
620	680	0
620	700	0
620	720	0
620	740	0
620	760	0
620	780	0
620	800	0
620	820	0

620	840	0
620	860	0
620	880	0
620	900	0
620	920	0
620	940	0
620	960	0
620	980	0
620	1000	0
0	1000	0
20	1000	0
40	1000	0
60	1000	0
80	1000	0
100	1000	0
120	1000	0
140	1000	0
160	1000	0
180	1000	0
200	1000	0
220	1000	0
240	1000	0
260	1000	0
280	1000	0
300	1000	0
320	1000	0
340	1000	0
360	1000	0
380	1000	0
400	1000	0
420	1000	0
440	1000	0
460	1000	0
480	1000	0
500	1000	0
520	1000	0
540	1000	0
560	1000	0
580	1000	0
600	1000	0
620	1000	0
0	20	0

0	40	0
0	60	0
0	80	0
0	100	0
0	120	0
0	140	0
0	160	0
0	180	0
0	200	0
0	220	0
0	240	0
0	260	0
0	280	0
0	300	0
0	320	0
0	340	0
0	360	0
0	380	0
0	400	0
0	420	0
0	440	0
0	460	0
0	480	0
0	500	0
0	520	0
0	540	0
0	560	0
0	580	0
0	600	0
0	620	0
0	640	0
0	660	0
0	680	0
0	700	0
0	720	0
0	740	0
0	760	0
0	780	0
0	800	0
0	820	0
0	840	0
0	860	0

0	880	0
0	900	0
0	920	0
0	940	0
0	960	0
0	980	0
0	1000	0
20	20	-20
40	20	-20
60	20	-20
80	20	-20
100	20	-20
120	20	-20
140	20	-20
160	20	-20
180	20	-20
200	20	-20
220	20	-20
240	20	-20
260	20	-20
280	20	-20
300	20	-20
320	20	-20
340	20	-20
360	20	-20
380	20	-20
400	20	-20
420	20	-20
440	20	-20
460	20	-20
480	20	-20
500	20	-20
520	20	-20
540	20	-20
560	20	-20
580	20	-20
600	20	-20
600	40	-20
600	60	-20
600	80	-20
600	100	-20
600	120	-20

600	140	-20
600	160	-20
600	180	-20
600	200	-20
600	220	-20
600	240	-20
600	260	-20
600	280	-20
600	300	-20
600	320	-20
600	340	-20
600	360	-20
600	380	-20
600	400	-20
600	420	-20
600	440	-20
600	460	-20
600	480	-20
600	500	-20
600	520	-20
600	540	-20
600	560	-20
600	580	-20
600	600	-20
600	620	-20
600	640	-20
600	660	-20
600	680	-20
600	700	-20
600	720	-20
600	740	-20
600	760	-20
600	780	-20
600	800	-20
600	820	-20
600	840	-20
600	860	-20
600	880	-20
600	900	-20
600	920	-20
600	940	-20
600	960	-20

600	980	-20
20	980	-20
40	980	-20
60	980	-20
80	980	-20
100	980	-20
120	980	-20
140	980	-20
160	980	-20
180	980	-20
200	980	-20
220	980	-20
240	980	-20
260	980	-20
280	980	-20
300	980	-20
320	980	-20
340	980	-20
360	980	-20
380	980	-20
400	980	-20
420	980	-20
440	980	-20
460	980	-20
480	980	-20
500	980	-20
520	980	-20
540	980	-20
560	980	-20
580	980	-20
600	980	-20
20	40	-20
20	60	-20
20	80	-20
20	100	-20
20	120	-20
20	140	-20
20	160	-20
20	180	-20
20	200	-20
20	220	-20
20	240	-20

20	260	-20
20	280	-20
20	300	-20
20	320	-20
20	340	-20
20	360	-20
20	380	-20
20	400	-20
20	420	-20
20	440	-20
20	460	-20
20	480	-20
20	500	-20
20	520	-20
20	540	-20
20	560	-20
20	580	-20
20	600	-20
20	620	-20
20	640	-20
20	660	-20
20	680	-20
20	700	-20
20	720	-20
20	740	-20
20	760	-20
20	780	-20
20	800	-20
20	820	-20
20	840	-20
20	860	-20
20	880	-20
20	900	-20
20	920	-20
20	940	-20
20	960	-20
40	40	-225
60	40	-225
80	40	-225
100	40	-225
120	40	-225
140	40	-225

160	40	-225
180	40	-225
200	40	-225
220	40	-225
240	40	-225
260	40	-225
280	40	-225
300	40	-225
320	40	-225
340	40	-225
360	40	-225
380	40	-225
400	40	-225
420	40	-225
440	40	-225
460	40	-225
480	40	-225
500	40	-225
520	40	-225
540	40	-225
560	40	-225
580	40	-225
580	60	-225
580	80	-225
580	100	-225
580	120	-225
580	140	-225
580	160	-225
580	180	-225
580	200	-225
580	220	-225
580	240	-225
580	260	-225
580	280	-225
580	300	-225
580	320	-225
580	340	-225
580	360	-225
580	380	-225
580	400	-225
580	420	-225
580	440	-225

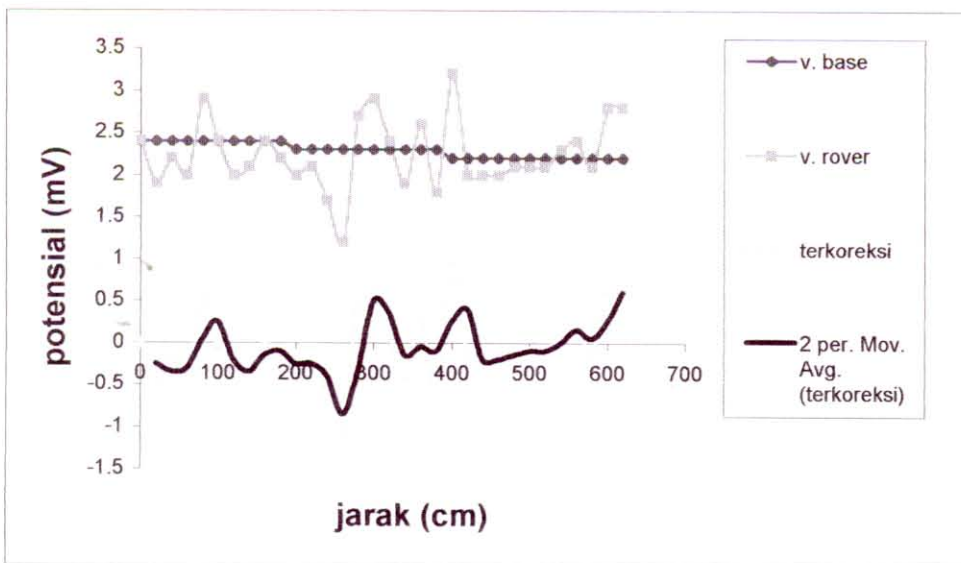
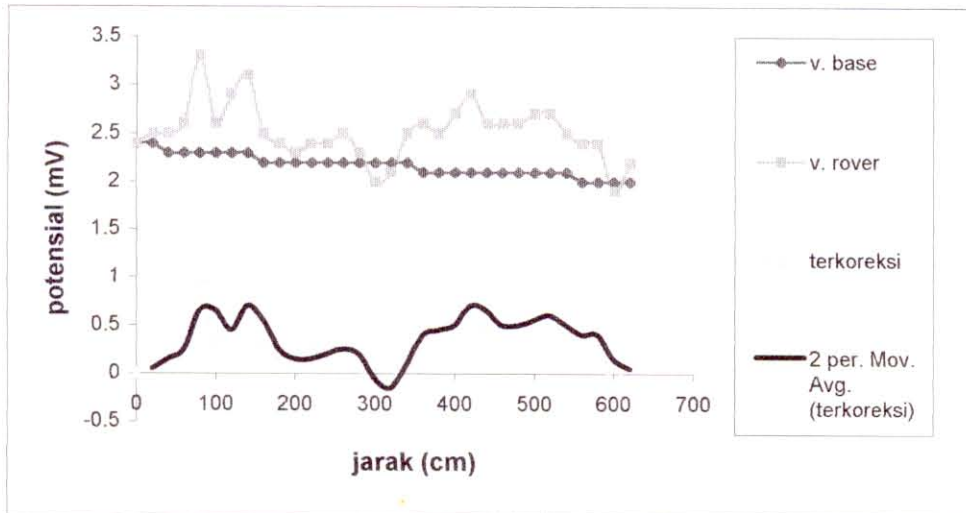
580	460	-225
580	480	-225
580	500	-225
580	520	-225
580	540	-225
580	560	-225
580	580	-225
580	600	-225
580	620	-225
580	640	-225
580	660	-225
580	680	-225
580	700	-225
580	720	-225
580	740	-225
580	760	-225
580	780	-225
580	800	-225
580	820	-225
580	840	-225
580	860	-225
580	880	-225
580	900	-225
580	920	-225
580	940	-225
580	960	-225
40	960	-225
60	960	-225
80	960	-225
100	960	-225
120	960	-225
140	960	-225
160	960	-225
180	960	-225
200	960	-225
220	960	-225
240	960	-225
260	960	-225
280	960	-225
300	960	-225
320	960	-225
340	960	-225

360	960	-225
380	960	-225
400	960	-225
420	960	-225
440	960	-225
460	960	-225
480	960	-225
500	960	-225
520	960	-225
540	960	-225
560	960	-225
580	960	-225
40	60	-225
40	80	-225
40	100	-225
40	120	-225
40	140	-225
40	160	-225
40	180	-225
40	200	-225
40	220	-225
40	240	-225
40	260	-225
40	280	-225
40	300	-225
40	320	-225
40	340	-225
40	360	-225
40	380	-225
40	400	-225

40	420	-225
40	440	-225
40	460	-225
40	480	-225
40	500	-225
40	520	-225
40	540	-225
40	560	-225
40	580	-225
40	600	-225
40	620	-225
40	640	-225
40	660	-225
40	680	-225
40	700	-225
40	720	-225
40	740	-225
40	760	-225
40	780	-225
40	800	-225
40	820	-225
40	840	-225
40	860	-225
40	880	-225
40	900	-225
40	920	-225
40	940	-225
40	960	-225

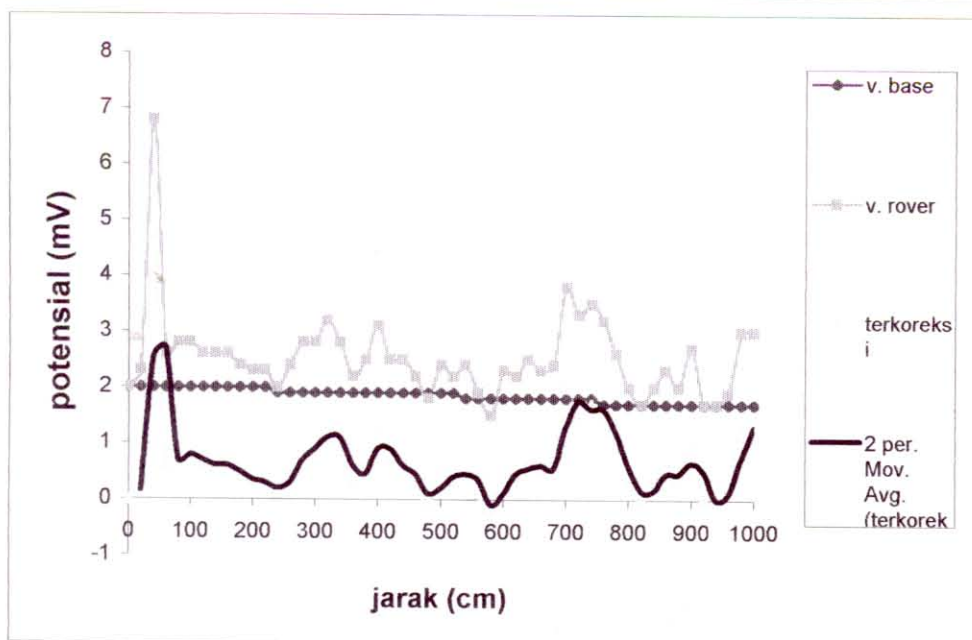
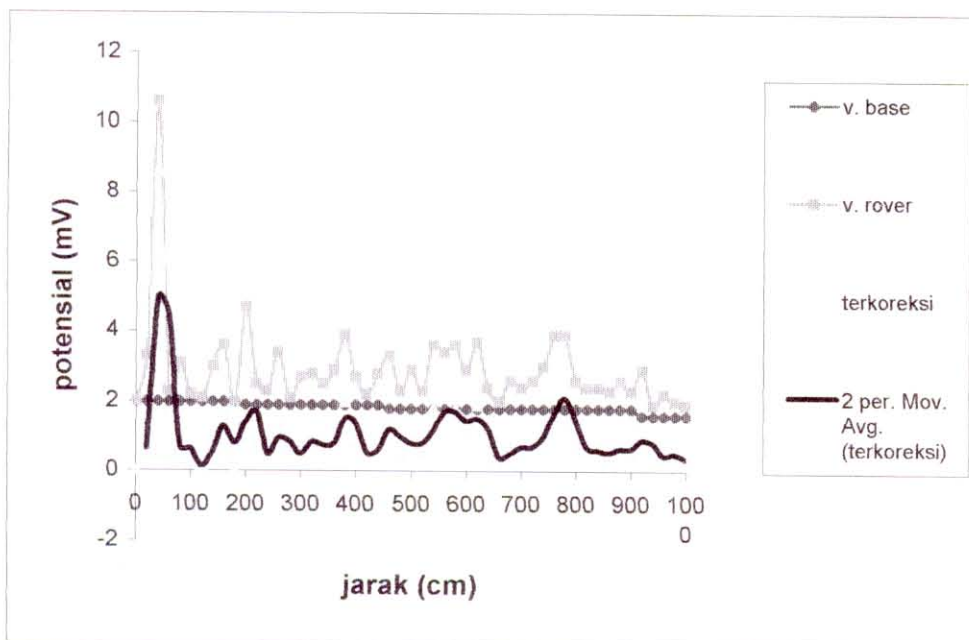
Lampiran IV.

Grafik *line* 1 dan 3 kolom penelitian sebelum ada kebocoran.



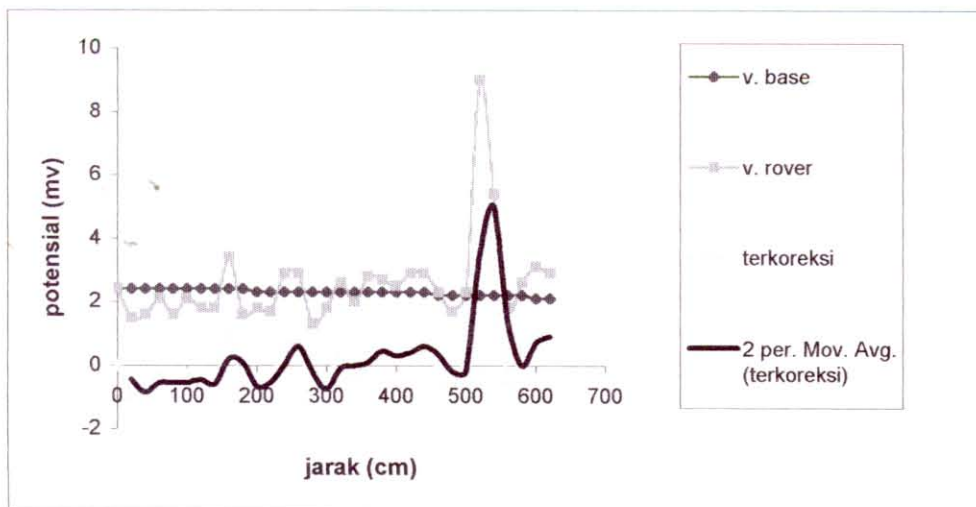
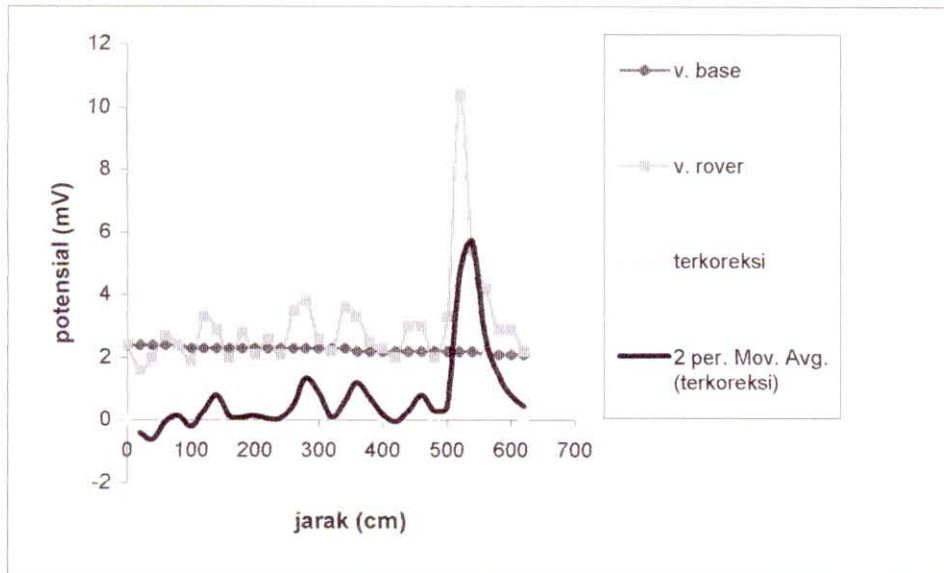
Lampiran V.

Grafik line 7 dan 9 kolom penelitian sebelum ada kebocoran.



Lampiran VI.

Grafik *line* 1 dan 3 kolom penelitian dengan kebocoran.





Lampiran VII

Grafik *line 7* dan *9* kolom penelitian setelah ada kebocoran

