



**CITRA BAWAH TANAH:
PENGARUH PENGOTOR PADA CITRA
SISTEM TOMOGRAFI LISTRIK**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Meraih
Gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember**



| | | | |
|-----------|--------------------|-------|---|
| Hadiah | | Klass | S |
| Pembelian | | 532 | |
| Terima | : Tgl. 13 AUG 2003 | IND | |
| Oleh | No. Induk | | |

Wiwit Indriwati
NIM. 991810201082

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2003**

MOTTO

Pilihlah untuk mencintai bukan membenci
Pilihlah untuk tertawa bukan menangis
Pilihlah untuk mencipta bukan merusak
Pilihlah untuk gigih bertahan bukan menyerah
Pilihlah untuk memuji bukan bergosip
Pilihlah untuk menyembuhkan bukan melukai
Pilihlah untuk memberi bukan mencuri
Pilihlah untuk bertindak bukan menunda-nunda
Pilihlah untuk tumbuh bukan membusuk
Pilihlah untuk berdoa bukan menyumpahahi
Pilihlah untuk hidup bukan meninggal

(Og Mandino)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan salah satu wujud dari sekian banyak perjuanganku meniti kehidupan, bukanlah perjuangan sendiri melainkan ada kuasa Allah dengan segala Ridhonya serta doa restu dan motivasi dari banyak pihak,
untuk itu.....

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

Bapakku “Soekardjo”

Atas kasih sayang dan doa restunya serta segala dorongan dari segi apapun untuk yang terbaik

Ibuku “Mudjiantini”

Atas cinta, kasih sayang beserta doanya yang tulus yang tiada hentinya menyertai setiap langkahku dalam menggapai cita

Nenekku, Tante Ribut dan Om Hudi

Atas doanya serta dorongan semangat dari segi apapun demi keberhasilanku

Teman-teman seperjuanganku

Atas segala bantuan dan dukungannya hingga terselesaikannya skripsi ini

Almamaterku tercinta

Khususnya Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember

DEKLARASI

Skripsi ini berisi hasil penelitian yang dilakukan pada sebuah bak penelitian di Laboratorium Penelitian (Lab. Fisika Material, Biofisika dan Geofisika) Fakultas MIPA Universitas Jember, pada bulan Maret sampai dengan Juli 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 15 Juli 2003
Wiwit Indriwati

ABSTRAK

Citra Bawah Tanah : Pengaruh Pengotor Pada Citra Sistem Tomografi listrik, Wiwit Indriwati, (991810201082, Skripsi, Juli 2003, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember).

Telah dikembangkan dan diaplikasikan sistem tomografi listrik untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan tanah yang di dalamnya terdapat bahan-bahan pengotor, antara lain kaleng kosong, kaleng berisi air, botol minuman mineral (aqua) kosong, botol minuman mineral (aqua) berisi air dan besi batangan. Sistem ini dilakukan dengan menginjeksikan arus melalui dua buah elektroda ke dalam tanah, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui elektroda potensial di tempat lain. Perbedaan potensial yang terukur merefleksikan sebaran kuat medan listrik yang terdapat di bawah permukaan tanah dan dari analisis sebaran kuat medan listrik ini nantinya diinterpretasikan keadaan bawah tanah dalam bentuk suatu citra. Hasil penggambaran tomografi listrik menunjukkan bahwa adanya pengotor ternyata sangat berpengaruh pada citra bawah tanah yang didapatkan. Akan tetapi keberadaan/letak serta bentuk geometri penampang lintang pengotor lebih nampak secara jelas apabila pada saat pengukuran pengotor tertembus oleh elektroda sensor tomografi listrik (*borehole*).

Kata kunci: Citra bawah tanah, Pengotor, Tomografi listrik

HALAMAN PENGESAHAN

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

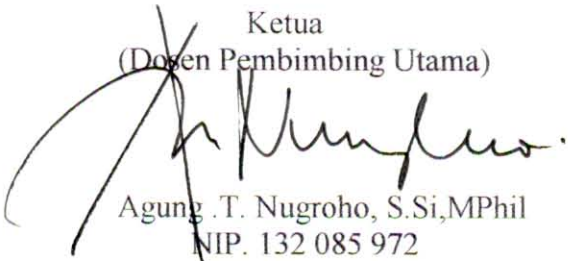
Hari/Tanggal : **RABU 13 AUG 2003**

Jam :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


Tim Penguji

Ketua
(Dosen Pembimbing Utama)



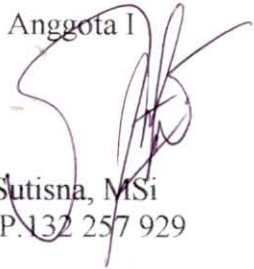
Agung T. Nugroho, S.Si, MPhil
NIP. 132 085 972

Sekretaris
(Dosen Pembimbing Anggota)




Agus Suprianto, S.Si, MT
NIP. 132 162 507

Anggota I



Sutisna, MSi
NIP. 132 257 929


Anggota II



Artoto Arkundato, MSi
NIP. 132 236 059

Mengesahkan,

Dekan Fakultas MIPA UNEJ



Ir. Sumadi, MS
NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Berkat, Rahmat dan Hidayah Nya-lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program Strata I Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Dengan adanya bimbingan dan bantuan yang begitu besarnya kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terwujudnya skripsi ini, maka tidaklah berlebihan apabila penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Ir. Sumadi, selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
2. Drs. Sujito, PhD, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.
3. Bapak Agung .T. Nugroho, S.Si, MPhil, selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU).
4. Bapak Agus Suprianto, S.Si, MT, selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA).
5. Bapak Sutisna, MSi dan Bapak Artoto Arkundato, MSi yang telah memberikan bimbingan serta petunjuk dalam penulisan skripsi ini, hingga terselesaikannya dengan baik.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya hingga penulis menyelesaikan skripsi ini.
7. Pak Budi, Mas Edi, Mas Agus Darmawan, Mas Hadi, dan Mas Syaiful yang telah membantu penulis dalam mempersiapkan dan melaksanakan penelitian.
8. Sobat-sobatku Herni dan Diah yang tak pernah jemu menemani dan membantuku serta Endah, Elok, Rina, Wulan, Nery yang selalu memberi dukungan dan motivasi.

9. Teman-temanku angkatan '99 beserta kakak-kakak tingkatku (khususnya Feby '98, Lilik '97 dan Yulita '97), kebersamaan, bantuan serta dukungannya tak akan pernah penulis lupakan.
10. Teman-temanku kostku, Jl. Jawa Raya 50B (Ninik, Yuyun, Pipuk, Iis, Sari, Enggal, Anik, Ririn, Emma dan Hima). Terima kasih atas bantuan, dorongan semangat dan doanya.
11. Mbak Yanti dan Nurus yang selalu menemani dan membantuku dalam penulisan skripsi ini.
12. Keluarga Bapak M. Ali yang telah memberikan kediaman yang nyaman hingga akhir kuliah penulis.
13. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh sebab itu andaikata terdapat kekurangan dalam skripsi ini, mohon para pembaca dapat memakluminya. Disamping itu, untuk tujuan perbaikan dan kesempurnaan skripsi ini, saran dan kritik akan penulis terima dengan tangan terbuka.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dalam menambah pengetahuan bagi pembaca.

Jember, Juli 2003

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN MOTTO..... | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | iii |
| DEKLARASI..... | iv |
| ABSTRAK..... | v |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | vi |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xii |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Permasalahan..... | 7 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 7 |
| 1.4 Tujuan..... | 7 |
| 1.5 Manfaat..... | 7 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Resistansi dan Resistivitas..... | 8 |
| 2.2 Medan Listrik dan Potensial listrik..... | 9 |
| 2.3 Distribusi Potensial Pada Media Non Homogen..... | 14 |
| 2.4 Garis-garis Medan Listrik Di Bawah Permukaan Tanah..... | 14 |
| 2.5 Rangkaian Sensor Elektoda..... | 17 |
| 2.6 Interpolasi..... | 17 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Pengukuran..... | 22 |
| 3.2.1 Jenis Data..... | 22 |
| 3.2.2 Akusisi Data..... | 22 |
| a. Obyek Yang Diteliti..... | 22 |

| | |
|---|----|
| b. Konfigurasi Sensor | 22 |
| 3.3 Pengolahan Data | 24 |
| 3.4 Analisa data | 24 |
| 3.5 Diagram Pengambilan Data | 25 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Implementasi Penelitian | 26 |
| 4.1.1 Obyek Yang Digunakan Untuk Pengambilan Data | 26 |
| 4.1.2 Konfigurasi Sensor Elektroda | 27 |
| 4.1.3 Cara Pengambilan dan Pengolahan Data | 29 |
| 4.2 Interpretasi Penampang Lintang Media Pasir Tanpa Pengotor | 30 |
| 4.3 Interpretasi Penampang Lintang Media Pasir dengan Pengotor | |
| Kaleng Kosong | 32 |
| a. Posisi Kaleng Kosong Berdiri | 32 |
| b. Posisi Kaleng Kosong Tidur/Direbahkan | 33 |
| 4.4 Interpretasi Penampang Lintang Media Pasir dengan Pengotor | |
| Kaleng Berisi air | 34 |
| a. Posisi Kaleng Berisi Air Berdiri | 34 |
| b. Posisi Kaleng Berisi Air Tidur/Direbahkan | 35 |
| 4.5 Interpretasi Penampang Lintang Media Pasir dengan Pengotor | |
| Botol Minuman Mineral (Aqua) Kosong | 36 |
| 4.6 Interpretasi Penampang Lintang Media Pasir dengan Pengotor | |
| Botol Minuman Mineral (Aqua) Berisi Air | 37 |
| 4.7 Interpretasi Penampang Lintang Media Pasir dengan Pengotor | |
| Besi Batangan | 39 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan | 42 |
| 5.2 Saran | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN | 44 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|-----------|---|
| Gambar 1 | Balok homogen dengan penampang A & panjang l dengan arus dan beda potensial dipertahankan diantara sisi yang berlawanan...9 |
| Gambar 2 | Garis-garis medan listrik untuk muatan-muatan yang sama tetapi tandanya berlawanan.....10 |
| Gambar 3 | Perpotongan dari suatu permukaan ekipotensial dengan bidang gambar.....12 |
| Gambar 4 | Permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik sebuah dipol listrik.....15 |
| Gambar 5 | Permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik di bawah permukaan tanah.....15 |
| Gambar 6 | Rangkaian skematik sensor tomografi listrik untuk menentukan beda potensial.....17 |
| Gambar 7 | Rancangan eksperimen.....23 |
| Gambar 8 | Diagram pengambilan data.....25 |
| Gambar 9 | Rangkaian percobaan dengan pengotor kaleng kosong atau kaleng berisi air posisi berdiri.....27 |
| Gambar 10 | Rangkaian percobaan dengan pengotor kaleng kosong atau kaleng berisi air posisi tidur.....28 |
| Gambar 11 | Rangkaian percobaan dengan pengotor botol minuman mineral (aqua) kosong atau dengan botol aqua berisi air.....28 |
| Gambar 12 | Rangkaian percobaan dengan pengotor berupa besi batangan.....28 |
| Gambar 13 | Tampilan osiloskop sebelum arus diinjeksikan.....30 |
| Gambar 14 | Tampilan osiloskop sesudah arus diinjeksikan.....30 |
| Gambar 15 | Sebaran medan listrik media pasir tanpa pengotor (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i>31 |
| Gambar 16 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor kaleng kosong (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i>32 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Gambar 17 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor kaleng kosong posisi tidur (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i> | 33 |
| Gambar 18 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor kaleng Berisi air posisi berdiri (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i> | 34 |
| Gambar 19 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor kaleng berisi air posisi tidur (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i> | 36 |
| Gambar 20 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor botol minuman mineral (aqua) kosong (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i> | 37 |
| Gambar 21 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor botol minuman mineral (aqua) berisi air (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i> | 38 |
| Gambar 22 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor besi batangan (a) <i>noise</i> (b) data-data sebenarnya (c) superposisi data sebenarnya dengan <i>noise</i> | 39 |
| Gambar 23 | Sebaran medan listrik media pasir dengan pengotor kaleng berisi air posisi berdiri (a) posisi kaleng berdiri (b) posisi kaleng tidur/direbahkan data-data sebenarnya | 40 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No. Lamp | Judul Lampiran | Hal |
|----------|--|-----|
| 1 | Data beda potensial pasir tanpa pengotor..... | 44 |
| 2 | Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng kosong posisi berdiri | 48 |
| 3 | Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng kosong posisi tidur..... | 52 |
| 4 | Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng berisi air posisi berdiri | 56 |
| 5 | Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng kosong posisi tidur..... | 60 |
| 6 | Data beda potensial pasir dengan pengotor botol minuman mineral (aqua) kosong | 64 |
| 7 | Data beda potensial pasir dengan pengotor botol minuman mineral (aqua) berisi air | 68 |
| 8 | Data beda potensial pasir dengan pengotor besi batangan..... | 72 |
| 9 | Listing program pengolahan data dalam MATLAB | 76 |
| 10 | Daftar istilah..... | 77 |



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini istilah tomografi bukanlah suatu hal yang asing lagi bagi kita. Tomografi merupakan suatu teknik penggambaran penampang lintang objek dalam area tertutup berdasarkan data proyeksi objek tanpa merusak medium apabila objek tersebut dideteksi. Sistem tomografi saat ini menawarkan solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan di berbagai bidang, diantaranya bidang kedokteran dan industri. Pada bidang kedokteran tomografi sering digunakan untuk keperluan Rongent. Sedangkan di bidang industri tomografi diantaranya digunakan untuk mendapatkan citra bawah tanah, misalnya guna kepentingan eksplorasi bahan tambang.

Baik di bidang kedokteran maupun di bidang industri awalnya tomografi dikembangkan dengan menggunakan radiografi sinar-X dan *Magnetic Resonance Imaging (MRI)*. Namun kedua sistem tomografi ini membutuhkan biaya yang relatif mahal. Disamping itu mengingat efek sinar-X sangat berbahaya bagi manusia, maka para ilmuwan berusaha mengembangkan sistem tomografi lain yang dikenal dengan sistem tomografi listrik (*electrical tomography*). Sistem tomografi listrik ini dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya tomografi kapasitansi, tomografi resistansi, tomografi induktansi dan tomografi impedansi. Secara umum pada berbagai penelitian tentang citra bawah tanah, sistem tomografi resistansi listrik (*Electrical Resistancy Tomography~ERT*) lebih banyak digunakan.

Perlu kita ketahui bahwa metode resistivitas listrik sudah dikembangkan sejak awal tahun 1900, akan tetapi mulai banyak dipergunakan sejak tahun 1970 terutama sejak adanya computer yang berperan dalam pemrosesan serta analisis data (Reynold, 1997). Mengingat resistivitas sangat berkaitan dengan resistansi, maka berawal dari sinilah tomografi resistansi listrik dikembangkan. Dewasa ini penggunaan sistem tomografi resistansi listrik semakin meningkat. Hal ini

disebabkan data hasil pengukurannya lebih akurat, tidak membutuhkan biaya yang mahal serta rangkaiannya lebih sederhana.

Dewasa ini aplikasi tomografi resistansi listrik sangat luas. Salah satunya pada proses industri seperti produksi mineral dan *paper de-inking*, dimana ERT diaplikasikan untuk mengukur distribusi densitas (berat jenis) aliran busa. Dalam eksperimennya (Cillier et al, 1999) menggunakan sebuah vessel plastik silinder dengan 16 elektroda sebagai sensor tomografi diletakkan di sekelilingnya. Cairan busa yang digunakan terdiri dari garam berkonduktivitas tinggi (22m S/cm) dan 10 ml *comersial surfactant*. Sebelum melakukan pengukuran, gelembung busa kasar dan gelembung busa yang halus dipisahkan, selanjutnya penampang lintang (*cross section*) konduktivitas direkonstruksi dengan menggunakan proyeksi algoritma linier 2D. Gambar yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan visualisasi permukaan busa dari hasil pemotretan (menggunakan kamera digital). Hasil rekonstruksi memperlihatkan adanya area gelap yang berarti menunjukkan daerah berkonduktivitas rendah, dan ini sesuai untuk daerah gelembung kasar pada bagian atas silinder. Di samping itu hasil rekonstruksi juga dapat memperlihatkan daerah-daerah penggabungan yang diletakkan pada lokasi yang berbeda-beda. Kenyataan ini menunjukkan bahwa ERT merupakan metode yang sesuai untuk visualisasi densitas busa yang berbeda-beda akibat perbedaan distribusi ukuran gelembungnya.

Selanjutnya aplikasi ERT di bidang industri yang lain, misal industri kimia dapat kita lihat pada proses pengukuran percampuran gas dan cairan dalam vessel pengaduk (Wang et al, 1999). Disini digunakan vessel pengaduk UMIST's 1,5 m yang dilengkapi dengan 8x16 elemen sensor tomografi resistansi serta turbin pemutar Rusthon. Volume fluida dalam vessel diusahakan sebesar 2,3 m³ yang terdiri dari air (konduktivitas rendah) dan larutan *carbopol* (konduktivitas tinggi ~100pc). Selanjutnya ke dalam vessel diberikan udara sepanjang pipa tertutup sampai batas yang ditunjuk dengan cara menginjeksikan udara tersebut keatas secara langsung dari bawah pusat piringan turbin. Untuk pengambilan data konduktivitas digunakan pendekatan *pairs protocol* pada 9,6 KHz yang kemudian direkonstruksi menggunakan proyeksi linier. Dengan interpolasi antara 8 bidang

menggunakan grafik *spyglass* selanjutnya realisasi 3D diperhalus. Hasil rekonstruksi ERT dapat menggambarkan dengan jelas perbedaan antara viscositas air dan larutan *carbopol*. Selain itu apabila pengaruh gas penghalang pada setiap bidang dianggap tidak ada, melalui rekonstruksi perubahan resistivitas tracer berkonduktivitas tinggi yang dicampur kedalam fluida, kecepatan dan pola cairan dapat dipisahkan dari percampuran gas-liquid tersebut. Hasil rekonstruksi juga dapat menggambarkan kecepatan rata-rata percampuran air berviscositas rendah identik dengan kecepatan pengaduk dan kecepatan aliran gas.

Tomografi resistansi listrik juga sering diaplikasikan untuk teknik eksplorasi geofisik, misalnya untuk kegiatan eksplorasi pertambangan, investigasi lingkungan serta teknik hidrologi. Seperti halnya pada berbagai penelitian yang telah dilakukan, diantaranya: tomografi resistansi listrik digunakan untuk memonitor proses perbaikan (*remediation*) lingkungan (LaBrecque et al, 1995). Disini data didapatkan secara otomatis dan diinterpretasikan dengan menggunakan inversi algoritma kuadrat terkecil non linear.

Ada tiga proses perbaikan (*remediasi*) lingkungan yang dibahas dalam penelitian tersebut, diantaranya :

- *Joule heating* ; pemanasan secara elektrik terhadap tanah liat berdasarkan ketebalan tanah liat tersebut.
- *Air sparging* ; penginjeksian udara ke dalam akuifer berpasir disamping lahan pertanian.
- *Electrokinetics treatmeant* ; yaitu didasarkan pada transportasi jenis bahan tertentu dengan gradient potensial listrik yang tinggi dalam serat media penyerap.

Selama tiga proses di atas inilah ERT digunakan untuk mendapatkan sejumlah data perubahan resistivitas listrik yang selanjutnya direkonstruksi. Hasil penggambaran ERT menunjukkan bahwa pada *Joule Heating*, konduktivitas akan semakin meningkat akibat semakin tingginya temperatur. Kemudian konduktivitas akan turun selama sistem menjadi kering. Sedangkan pada proses *Air Sparging*, penggambaran ERT menunjukkan dengan jelas perubahan tingkat kejenuhan udara pada beberapa bagian tanah terhadap waktu. Selain itu penggambaran ERT

juga memperlihatkan adanya penurunan resistivitas di dekat anoda dan kenaikan resistivitas di dekat katoda selama dilakukan perlakuan elektrokinetik (*electrokinetics treatment*).

Disamping itu pada penelitian yang lain dapat kita lihat bahwa tomografi resistansi listrik dapat diaplikasikan untuk mempelajari aliran air tanah, mengingat ERT memungkinkan penentuan distribusi resistivitas listrik dalam ruang tanpa merusak obyek (Binley et al, 1995) sehingga dapat diaplikasikan untuk mempelajari aliran yang melalui media penyerap yang mengikuti perubahan distribusi resistivitas dalam tanah tersebut. Dalam penelitian tersebut obyek yang digunakan adalah sebuah tabung berisi tanah berdiameter 35 cm, tinggi 44 cm serta bagian luarnya dilapisi dengan *glass fibre* jenis *blagdenite 82-4343 polyester*. Tabung tersebut dibagi dalam 4 bidang dengan jarak masing-masing 9,18,27 dan 34 cm dari dasar tabung, dimana pada setiap bidang terdapat 16 elektroda yang diletakkan mengelilingi tabung. Pada bagian dasar tabung terdapat plat keropos sebagai tempat pemberian bahan pengusut, dalam hal ini berupa *KCl tracer* dan *methylene blue dye tracer* yang ditambahkan dengan kombinasi tertentu pada setiap pengukuran ERT. Pengukuran ERT disini dilakukan setiap interval 15 menit untuk masing-masing bidang elektroda dengan menggunakan sistem akuisisi data UMIST Mk 1b. Selanjutnya pada setiap bidang dihasilkan 271 frame data resistivitas dan masing-masing frame data kemudian direkonstruksi.

Hasil rekonstruksi gambar memperlihatkan perubahan rasio resistivitas listrik pada waktu t terhadap resistivitas sebelum *tracer* diinjeksikan. Perubahan tersebut menunjukkan adanya aliran deras yang datang pada area kecil dalam tabung tanah diikuti dengan respon yang lambat pada area yang lebih luas dalam tanah. Selain itu hasil rekonstruksi gambar juga menunjukkan dengan jelas penambahan/pemberian *tracer* diseluruh tabung/lajur tanah yang selanjutnya surut mengikuti penghentian *tracer* yang berkonsentrasi tinggi. Dalam gambar terlihat bahwa *tracer* menempati volume efektif yang sangat kecil dari pada volume total tanah walaupun input *tracer* didistribusikan pada dasar tabung tanah. Selama penghentian *tracer*, zona yang merespon *tracer* tersebut terlihat dengan cepat menghilang. Di lain pihak beberapa area tidak memberikan respon terhadap *tracer*

untuk beberapa jam. Selanjutnya hal yang terpenting setelah beberapa jam *tracer* dihentikan adalah konduktivitas listrik zona tersebut.

Dari sini jelas bahwa ERT sangat baik untuk memonitor aliran yang melalui media penyerap (tanah) berdasarkan distribusi resistivitas listriknya. Perlu diingat bahwa dalam ERT, untuk mendapatkan distribusi internal resistivitas listrik pada suatu daerah tertentu didasarkan pada penggunaan kombinasi pengukuran dari empat elektroda (Binley et al, 1995). Dalam hal ini elektroda diletakkan sembarangan dalam daerah tersebut, dimana daerah tersebut tertutup oleh batas/lingkaran non konduktif. Pengukuran tunggal empat elektrode itu terdiri dari penggunaan sumber arus bolak-balik di antara dua elektroda serta pengukuran beda potensial diantara dua elektroda lainnya. Apabila terdapat beberapa elektroda pada lingkaran vessel, maka pengukuran dilakukan berulang-ulang untuk setiap kombinasi dari 4 elektrode tertentu.

Berdasarkan gambaran di atas jelas bahwa tomografi resistansi listrik mampu memberikan solusi yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan di berbagai bidang, terutama permasalahan yang berhubungan dengan citra bawah tanah. Oleh karena itu ERT perlu dikembangkan untuk penelitian-penelitian yang lain, yaitu dalam penelitian tugas akhir ini. Dalam penelitian ini tomografi resistansi listrik akan diaplikasikan untuk sebuah media/bak tanah dimana terdapat pengotor didalamnya. Hal ini sangat mungkin untuk dilakukan, mengingat struktur tanah berbeda-beda. Adakalanya pada area tertentu kita temukan berbagai materi pengotor dalam tanah. Melalui proses tomografi diharapkan kita dapat menganalisa keadaan tersebut, sebab tomografi mampu menghasilkan informasi dalam skala dua dimensi. Dalam penelitian ini materi pengotor yang digunakan berupa besi batangan, botol minuman mineral (aqua) kosong, botol minuman mineral (aqua) berisi air, kaleng serta kaleng berisi air. Disamping harganya yang murah serta mudah didapatkan di pasaran, jenis pengotor tersebut ada yang bersifat isolator dan ada pula yang bersifat konduktor. Dan kita telah mengetahui bahwa ketika arus diinjeksikan dari atas permukaan tanah, arus akan menyebar ke seluruh lapisan bawah permukaan tanah. Penyebaran arus akan terganggu/terhambat melewati suatu bahan isolator ataupun sebaliknya ketika

melewati suatu bahan konduktor. Dengan demikian beberapa jenis pengotor tersebut diharapkan akan memberikan pengaruh yang lebih nampak pada citra penampang bawah tanah yang akan dihasilkan.

Pada dasarnya dalam penelitian dengan menggunakan ERT, keadaan bawah tanah diinterpretasikan berdasarkan analisis sebaran resistivitas yang terdapat di bawah permukaan tanah. Mengingat hal ini sudah sering dilakukan, disamping itu resistivitas sangat berhubungan dengan medan listrik, maka dalam penelitian ini, dengan menggunakan ERT kami mencoba menginterpretasikan atau merekonstruksi keadaan geologi bawah tanah berdasarkan sebaran medan listrik di bawah permukaan tanah. Karena dalam penelitian ini tidak ditentukan besarnya resistansi/hambatan dalam media, maka lebih tepat jika dalam penelitian dikatakan bahwa keadaan bawah tanah diinterpretasikan berdasarkan sebaran medan listrik dengan menggunakan sistem tomografi listrik. Akan tetapi prinsip kerjanya tetap sama sebagaimana prinsip kerja sistem ERT, yaitu didasarkan pada pengukuran beda potensial antara dua elektroda ketika arus diinjeksikan melalui sepasang elektroda yang diletakkan di atas permukaan tanah.

Dalam penelitian ini, ke dalam bak tanah tersebut akan diinjeksikan arus melalui sepasang elektroda yang diletakkan di atas permukaan tanah. Beberapa elektroda akan dipasang pada sebuah pipa PVC dengan jarak yang telah ditentukan. selanjutnya digunakan sebagai sensor tomografi listrik yang diletakkan di dalam bak tanah penelitian. Dari pasangan-pasangan elektroda tersebut akan diukur beda potensial dengan menggunakan osiloskop, yaitu dengan cara membaca gelombang yang ditampilkan pada osiloskop tersebut. Perbedaan potensial yang terukur akan digunakan untuk menentukan besarnya kuat medan listrik di bawah permukaan tanah. Selanjutnya berdasarkan data-data kuat medan listrik akan diinterpretasikan keadaan bawah tanah dalam bentuk suatu citra. Dengan demikian citra yang dihasilkan diharapkan dapat membantu dalam analisis keadaan di bawah permukaan tanah.

1.2. Permasalahan

- a. Bagaimana menentukan kuat medan listrik di bawah permukaan tanah?
- b. Bagaimana menggambarkan suatu penampang bawah permukaan tanah berdasarkan sebaran medan listrik dalam tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik ?
- c. Bagaimana pengaruh pengotor terhadap rekonstruksi citra penampang bawah tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini hanya ditentukan kuat medan listrik dengan arah tegak lurus permukaan (normal) serta hanya dianalisis pengaruh pengotor jenis besi batangan, kaleng kosong kaleng berisi air, botol minuman mineral (aqua) kosong serta botol minuman mineral (aqua) berisi air dan bukan untuk pengotor jenis yang lain.

1.4. Tujuan

- a. Menentukan kuat medan listrik di bawah permukaan tanah.
- b. Menggambarkan suatu penampang bawah permukaan tanah berdasarkan sebaran medan listrik dalam tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik.
- c. Mengetahui pengaruh pengotor terhadap rekonstruksi citra penampang bawah tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik.

1.5. Manfaat

- a. Dapat menentukan kuat medan listrik di bawah permukaan tanah.
- b. Dapat menggambarkan suatu penampang bawah permukaan tanah berdasarkan sebaran medan listrik dalam tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik.
- c. Dapat mengetahui pengaruh pengotor terhadap rekonstruksi citra penampang bawah tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Resistansi dan Resistivitas

Suatu penghantar misalnya tongkat tembaga dan tongkat besi yang mempunyai bentuk geometri yang sama bila dikenai beda potensial diantara ujung-ujungnya, maka arus-arus yang dihasilkan sangat berbeda. Hal ini disebabkan resistansi setiap penghantar berbeda-beda. Resistansi suatu penghantar didefinisikan sebagai perbandingan antara beda potensial yang diberikan pada penghantar tersebut dengan arus, secara matematis dapat dituliskan:

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Sesuatu yang sering dikaitkan dengan resistansi adalah resistivitas. Resistivitas merupakan suatu parameter yang bergantung pada sifat-sifat material penghantar. Ketika pada sebuah penghantar diberikan beda potensial V maka akan menimbulkan kuat medan listrik \vec{E} serta rapat arus \vec{j} . Perbandingan antara kuat medan listrik dengan rapat arus itulah yang disebut dengan resistivitas.

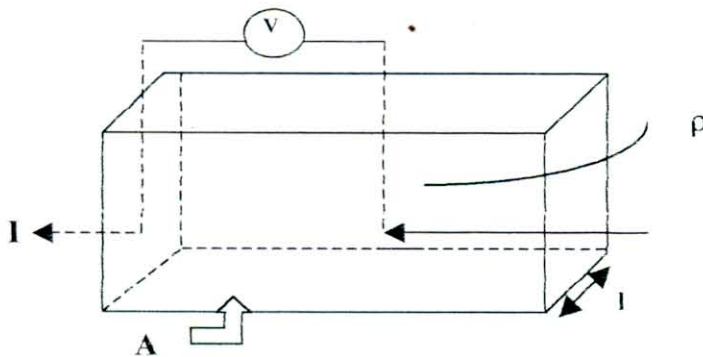
$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \cdot \vec{E}, \quad (2)$$

ρ : Resistivitas.

Pada sebuah penghantar yang panjangnya ℓ dan luas penampangnya adalah A , seperti pada gambar 1, yang membawa arus I yang konstan, serta penampang-penampang pada setiap sisinya dianggap sebagai permukaan-permukaan ekipotensial, maka kuat medan listrik E serta rapat arus untuk semua titik di dalam balok akan konstan dengan nilai-nilai

$$E = \frac{V}{\ell} \text{ dan } j = \frac{I}{A} \quad (3)$$

Dimana E dalam satuan Volt/m serta j dalam Amps/m².



Gambar 1. Balok homogen dengan penampang A & panjang l dengan arus dan beda potensial dipertahankan diantara sisi yang berlawanan (Reynold, 1997)

Dengan demikian resistivitas ρ dapat dituliskan :

$$\rho = \frac{VA}{Il} = R \frac{A}{l} \quad (4)$$

Resitivitas dinyatakan dalam Ωm .

Persamaan-persamaan di atas dikenal sebagai hukum Ohm yang pertama kali diformulasikan oleh ahli fisikawan Jerman, George Ohm (1787-1854). Sebuah penghantar dikatakan menuruti hukum Ohm jika grafik V terhadap I linier, yaitu jika R tak bergantung pada V dan I . Atau jika grafik E terhadap j adalah linier, yaitu jika resistivitas ρ tak tergantung pada E dan j . Akan tetapi untuk beberapa bahan penghantar, khususnya semi konduktor tidak mengikuti hukum Ohm. Besar resistansi ataupun resistivitasnya bergantung pada besarnya beda potensial dan arus yang digunakan pada saat pengukuran.

2.2 Medan Listrik dan Potensial Listrik

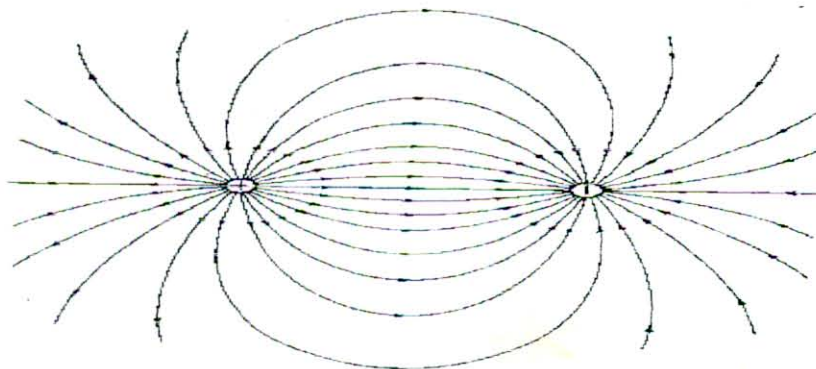
Apabila kita menempatkan muatan listrik di suatu titik, maka akan menyebabkan muatan listrik lain pada setiap titik di sekeliling muatan tadi mengalami gaya elektrostatika Coulomb. Oleh karena itu dikatakan bahwa muatan listrik dapat menimbulkan medan listrik. Kuat medan listrik di suatu titik didefinisikan sebagai gaya pada satu satuan muatan listrik.

$$\vec{E} = \frac{1}{q} \vec{F}. \quad (5)$$

Mengingat kuat medan listrik adalah besaran vektor, maka kuat medan listrik akibat beberapa muatan merupakan jumlah vektor dari medan listrik oleh masing-masing muatan

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i. \quad (6)$$

Medan listrik dapat digambarkan dengan menggunakan garis-garis medan listrik, seperti yang diperkenalkan oleh Michel Faraday. Garis-garis medan ini bersifat kontinu, bermula dari muatan positif dan berakhir pada muatan negatif, serta tidak pernah saling berpotongan.



Gambar 2. Garis-garis medan listrik untuk muatan-muatan yang sama tetapi tandanya berlawanan (Halliday, 1990)

Disamping menggambarkan arah medan listrik, garis-garis medan listrik digunakan untuk menentukan besarnya kuat medan listrik, yaitu ditunjukkan dengan kerapatan dari garis-garis medan tersebut. Jumlah garis gaya yang menembus suatu permukaan didefinisikan sebagai fluk listrik. Fluk listrik yang melewati suatu permukaan tertutup di sekitar muatan q_1, q_2, \dots , menurut Hukum Gauss dinyatakan dengan :

$$\oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}. \quad (7)$$

Dimana $q : q_1 + q_2 + \dots$ adalah muatan total yang berada di dalam permukaan Gauss

ϵ_0 : Permittivitas hampa.

Apabila medan listrik berada dalam dielektrik, yaitu suatu bahan yang tidak mempunyai elektron bebas atau non konduktor seperti kertas, kayu, dan kaca, maka timbullah muatan induksi q_i pada permukaan dielektrik yang akan menghasilkan medan listrik induksi E_1' di dalam dielektrik yang berlawanan arah dengan arah medan listrik luar E_0 . Dengan demikian Hukum Gauss untuk kuat medan listrik didalam dielektrik dapat dituliskan:

$$\oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{1}{\epsilon_0} (q - q_i). \quad (8)$$

Mengingat pengukuran muatan induksi q_i secara langsung sangat sulit, maka persamaan di atas disederhanakan dalam bentuk yang tidak bergantung pada q_i . Untuk itu diperkenalkan sebuah medan vektor baru yang disebut pergeseran listrik (D). Pergeseran listrik didefinisikan sebagai berikut:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \quad (9)$$

\vec{P} = Vektor polarisasi.

Di dalam sebuah vakum, vektor polarisasinya adalah nol. Dengan demikian fluk pergeseran listrik pada setiap permukaan tertutup sama dengan muatan bebas di dalam permukaan.

$$\oint_A \vec{D} \cdot \vec{A} = q_{bebas}. \quad (10)$$

Sedangkan pada kebanyakan dielektrik, vektor polarisasinya dipengaruhi oleh suseptibilitas listriknya, sehingga pergeseran listriknya adalah sebanding dengan medan listriknya.

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \epsilon_0 X_e \vec{E} = (1 + X_e) \epsilon_0 \vec{E} = K \epsilon_0 \vec{E} = \epsilon \vec{E}. \quad (11)$$

Dimana χ_e : Suseptibilitas listrik

$K = (1 + \chi_e)$: Konstanta dielektrik

$\epsilon = K\epsilon_0$: Permittivitas dielektrik

$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N.m}^2$: Permittivitas ruang hampa.

Untuk medium dielektrik homogen maka nilai ϵ adalah konstan. Dengan demikian persamaan (10) menjadi:

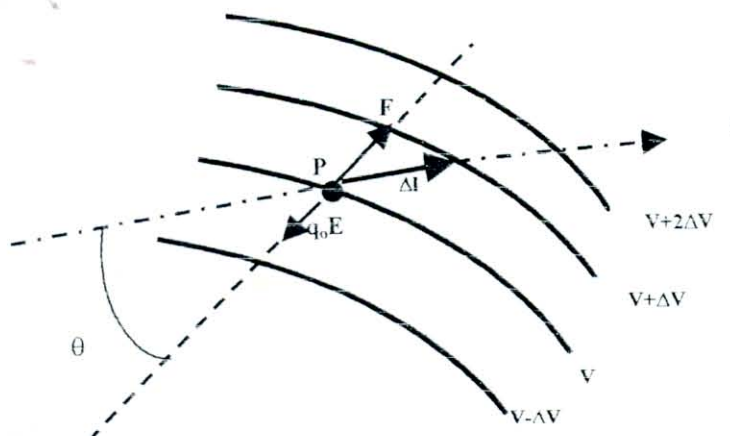
$$\oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{bebas}}}{\epsilon} \quad (12)$$

Dengan menyelesaikan persamaan (12), maka kuat medan listrik di dalam dielektrik dapat dituliskan:

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{K} \quad (13)$$

Apabila potensial V sebagai fungsi kedudukan diketahui, maka permukaan ekipotensial dapat digambarkan. Dengan menarik garis-garis tegak lurus pada permukaan ekipotensial tersebut, maka garis-garis medan listrik yang menjelaskan sifat dari medan listrik E dapat kita lukiskan.

Perhatikan gambar 3 berikut :



Gambar 3. Perpotongan dari suatu permukaan ekipotensial dengan bidang gambar (Halliday, 1990)

Terlihat bahwa E pada suatu titik P tegak lurus pada permukaan ekipotensial yang melalui P . Bila sebuah muatan uji q_0 dari P digerakkan sepanjang Δl ke permukaan ekipotensial $V+\Delta V$, dimana beda potensial pada arah pergeseran Δl diketahui, maka besar medan listrik E yang searah dengan pergeseran Δl tersebut dapat ditentukan dengan persamaan diferensial berikut :

$$E_l = -\frac{dV}{dl} \quad (14)$$

Tanda negatif menunjukkan medan listrik mengarah pada arah potensial yang berkurang.

Bila perpindahan dl tegak lurus terhadap medan listrik, potensial tidak berubah. Namun bila perpindahan dl sejajar atau anti sejajar terhadap E , maka terjadi perubahan besar dalam V , artinya nilai dv/dl maksimum. Nilai maksimum dv/dl pada suatu titik yang diberikan disebut sebagai gradien potensial pada titik tersebut. Nilai negatif gradien potensial merupakan nilai kuat medan listrik.

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (15)$$

Selanjutnya ketika kita mengambil l dalam arah x, y dan z , maka komponen-komponen medan listrik E dapat ditentukan dengan:

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}, E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}, E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

Dengan demikian besarnya medan listrik dalam koordinat rectangular dapat dituliskan:

$$\vec{E} = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \hat{k} \right) \quad (16)$$

Mengingat dalam penelitian ini kita mengukur potensial di sumbu z ($\Delta x=0$ dan $\Delta y=0$), maka medan listrik disuatu titik pada sumbu z diberikan oleh:

$$\vec{E} = -\frac{dV}{dz} \hat{k} \quad (17)$$

2.3 Distribusi Potensial Pada Media Non Homogen

Telah kita ketahui bahwa dengan menggunakan sistem tomografi listrik, misal dengan sistem tomografi resistansi listrik (ERT) kita dapat memperoleh informasi keadaan bawah tanah melalui citra distribusi resistivitas. Selain itu dengan menggunakan sistem tomografi listrik dapat diperoleh informasi keadaan bawah tanah melalui citra medan listrik di bawah permukaan tanah tersebut, seperti yang dilakukan pada penelitian kali ini. Secara umum sistem tomografi listrik didasarkan pada pengukuran beda potensial ketika arus diinjeksikan ke dalam media. Dalam media non homogen distribusi potensial listrik (V) direpresentasikan dengan persamaan (LaBrecque, 1994)

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial V}{\partial z} \right) - \lambda^2 \sigma V = -I \delta(x) \delta(z), \quad (18)$$

dimana V : potensial domain transformasi Fourier

λ : variabel transformasi fourier

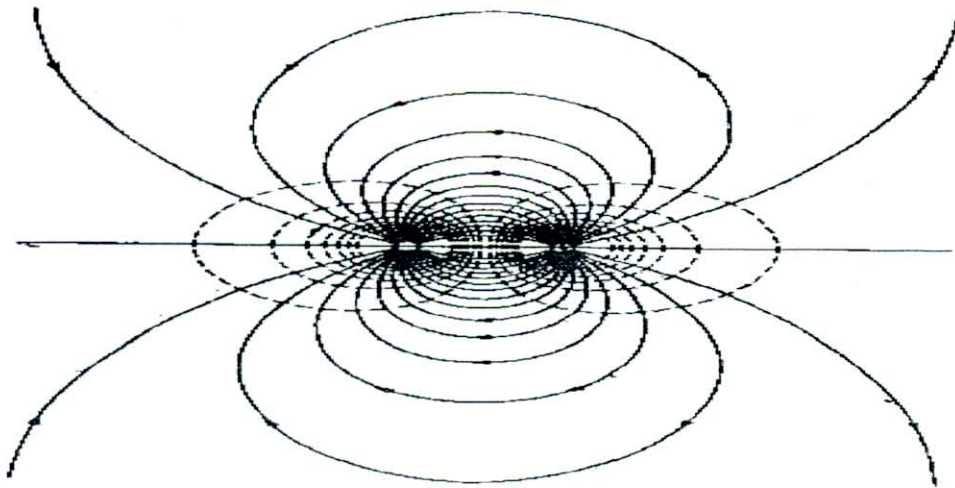
I : kuat arus

$\delta(x)$: delta function

σ : konduktivitas.

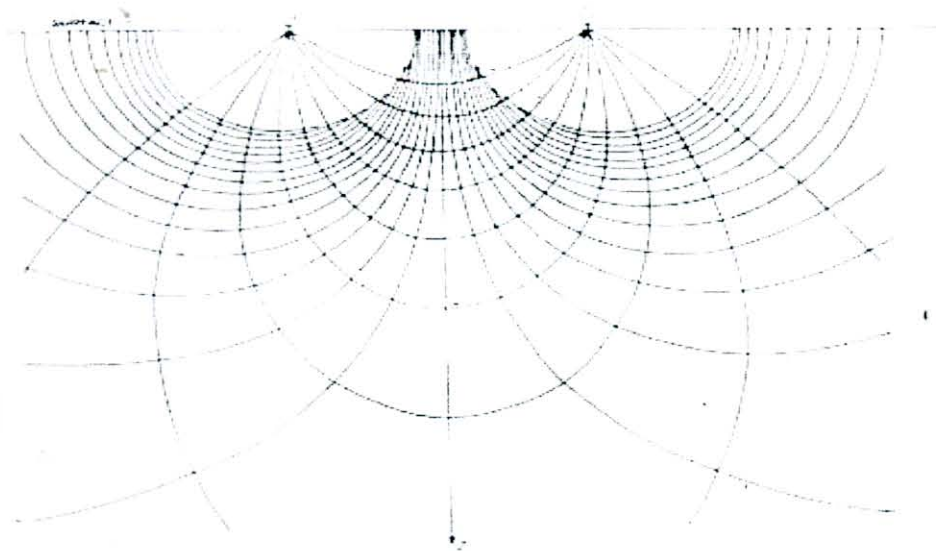
2.4 Garis-Garis Medan Listrik Di Bawah Permukaan Tanah

Telah kita ketahui bahwa jika potensial V diketahui pada titik-titik dalam ruang, maka sekumpulan permukaan ekuipotensial dapat digambarkan. Garis-garis medan listrik dapat digambarkan dengan menarik garis-garis tegak lurus dengan permukaan ekuipotensial tersebut. Permukaan-permukaan ekuipotensial dan garis-garis medan untuk sebuah dipol listrik yaitu suatu sistem yang terdiri dari muatan yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan dan dipisahkan oleh jarak yang kecil (Tipler, 2001) dapat diperlihatkan pada gambar 4. Pada titik-titik yang sangat dekat dengan muatan negatif, garis-garis medan listrik mengarah radial ke dalam, sedangkan bila letaknya dekat dengan muatan positif, garis-garis medan listrik mengarah radial keluar.



Gambar 4. Permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik sebuah dipol listrik (Halliday, 1990)

Mengingat dalam penelitian ini menggunakan sistem tomografi listrik, dimana pada sistem tersebut seperti halnya dalam ERT selalu ada dua sumber arus yang berpasangan yaitu sumber arus positif dan negatif yang direfleksikan ke dalam tanah (Taib, 1999), maka berdasarkan uraian di atas, bila kita buat suatu penampang melalui sumber arus C_1^- dan C_2^+ diasumsikan akan terlihat pola distribusi bidang ekipotensial dan garis-garis medan listrik di bawah permukaan tanah sebagai berikut:



Gambar 5. Permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik di bawah permukaan tanah (Taib, 1999)

Pada kenyataannya permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik di bawah permukaan tanah kemungkinan tidaklah seperti yang ditunjuk dalam gambar 5. Hal ini disebabkan medium bawah permukaan tanah bersifat non homogen. Permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik akan terganggu ketika berada dalam media non homogen. Ini dikarenakan pengaruh sifat kelistrikan dalam media tersebut, misalnya resistivitas. Begitu pula dalam penelitian ini, kemungkinan gambar yang didapatkan tidaklah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 5. Ini dikarenakan pada penelitian ini ke dalam bak tanah penelitian diletakkan beberapa jenis materi pengotor. Adanya pengotor ini baik pengotor yang bersifat isolator maupun yang bersifat konduktor akan menyebabkan sebaran arus yang diinjeksikan ke dalam tanah terganggu atau arus tersebar tidak merata. Dengan demikian akan mempengaruhi besar beda potensial dan medan listrik dalam tanah tersebut. Sehingga garis-garis medan listrik dan permukaan ekipotensial akan terganggu atau mengalami pembelokan.

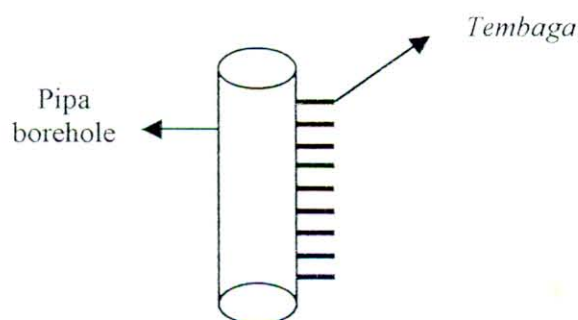
Secara teknis penggambaran permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik seperti gambar 5 sangat sulit. Hal ini disebabkan permukaan-permukaan ekipotensial dan garis-garis medan listrik selalu mengalami perubahan secara kontinu di segala arah. Oleh karena itu diperlukan sebuah terobosan baru untuk tetap dapat menginterpretasikan keadaan bawah tanah berdasarkan sebaran medan listrik di bawah permukaan tanah yaitu dengan cara menentukan komponen kuat medan listrik dalam satu arah serta menggambarkan kontur sebaran kuat medan listrik dalam satu arah tersebut. Dalam hal ini kuat medan listrik dalam arah z .

Dengan menggambarkan kontur tersebut dapat kita lihat sebaran medan listrik di bawah permukaan tanah serta garis-garis yang menghubungkan daerah-daerah tanah yang memiliki kuat medan listrik yang sama. Disamping itu dapat pula diketahui besar kecilnya nilai kuat medan listrik pada daerah-daerah tersebut, yang ditunjukkan dengan adanya perbedaan warna-warna pada gambar yang dihasilkan. Dengan demikian melalui kontur ini diharapkan dapat dilihat dengan jelas pengaruh pengotor pada citra bawah tanah yang didapatkan.

2.5 Rangkaian Sensor Elektroda

Instrumen ini menggunakan sistem sensor elektroda yang terbuat dari tembaga, mengingat elektroda jenis ini lebih tahan lama, tidak mudah berkarat, harganya murah dan mudah didapatkan dipasaran. Secara skematis susunan elektroda dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 6.

Dari setiap pasangan elektroda diharapkan kita dapat menentukan besarnya beda potensial yang mengalir ketika arus diinjeksikan melalui sepasang elektroda yang diletakkan di atas permukaan tanah. Hal ini mengingat dalam sistem tomografi listrik didasarkan pada pengukuran arus diantara dua elektroda serta pengukuran beda potensial diantara pasangan elektroda lainnya (Binley et al, 1995)



Gambar 6. Rangkaian skematik sensor tomografi listrik untuk menentukan beda potensial.

Apabila besar beda potensial diantara dua elektroda dalam arah tegak lurus permukaan (sumbu z) diketahui, maka kuat medan listrik di suatu titik pada sumbu z dapat ditentukan, sehingga kontur sebaran kuat medan listrik dalam arah z dapat digambarkan. Melalui kontur inilah kita dapat menginterpretasikan dan memperoleh informasi keadaan bawah tanah.

2.6 Interpolasi

Pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran beda potensial antara dua elektroda yang berjarak setiap 5 cm di sepanjang *borehole*. Mengingat masing-masing *borehole* yang digunakan mempunyai panjang yang sangat terbatas yakni 45 cm dan terdiri dari 9 elektroda, maka beda potensial yang terukur adalah

sebanyak 8 data pada setiap *borehole*. Dengan demikian data-data medan listrik E_z yang akan didapatkan sebanyak 8 data untuk masing-masing *borehole*. Kenyataan ini menunjukkan bahwa data-data E_z yang akan didapatkan dalam penelitian ini adalah sangat jarang. Apalagi pada penelitian ini hanya digunakan 3 buah *borehole*. Padahal untuk menggambarkan kontur sebaran kuat medan listrik semakin halus diperlukan data-data E_z yang sangat banyak, yaitu E_z di setiap titik pada kedalaman di sepanjang *borehole* serta di setiap titik di sepanjang bak penelitian dengan jarak yang sangat rapat. Solusi alternatif (pilihan) untuk mengatasi permasalahan ini adalah diselesaikan dengan menggunakan metode *interpolasi*.

Interpolasi merupakan suatu metode untuk mendeskripsikan apa yang terjadi di antara titik-titik data atau digunakan untuk menaksir nilai-nilai di antara titik-titik data yang kurang lengkap (Hanselman, 2000). *Interpolasi* sangat bermanfaat ketika kita tidak dapat dengan cepat memperoleh nilai fungsi pada suatu titik antara yang diinginkan. Metode *interpolasi* yang sering kali digunakan adalah *interpolasi polinomial*. Formulasi umum polinomial orde- n dituliskan (Chapra, 1991).

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n. \quad (19)$$

Untuk $n+1$ data terdapat hanya satu polinomial orde- n atau kurang yang melalui semua titik.

1. *Interpolasi Linier*

Merupakan bentuk *interpolasi* paling sederhana, yaitu menghubungkan dua buah titik data dengan sebuah garis lurus. Formulasi *interpolasi linier* dinyatakan dengan :

$$f_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}(x - x_0), \quad (20)$$

dimana $f_1(x)$: polinomial interpolasi orde pertama

$[f(x_1) - f(x_0)] / (x_1 - x_0)$: slope garis yang menghubungkan dua titik dan merupakan perkiraan diferensiasi terbagi hingga turunan pertama.

Secara umum jika interval antara titik semakin kecil, maka perkiraannya akan semakin baik.

2. Interpolasi Kuadrat

Sebuah polinomial kuadrat atau polinomial orde 2 digunakan jika terdapat tiga titik data. Bentuk umum polinomial orde 2:

$$f_2(x) = b_0 + b_1(x - x_0) + b_2(x - x_0)(x - x_1). \quad (21)$$

Berdasarkan titik data yang tersedia maka harga-harga koefisien b_0, b_1 , dan b_2 dapat ditentukan dengan:

$$\begin{aligned} b_0 &= f(x_0) \\ b_1 &= \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \\ b_2 &= \frac{\frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} - \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}}{x_2 - x_0} \end{aligned}$$

3. Interpolasi polinomial orde ke-n

Bentuk umum polinomial orde ke-n dituliskan dengan:

$$f_n(x) = b_0 + b_1(x - x_0) + \dots + b_n(x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_{n-1}). \quad (22)$$

Suatu polinomial orde ke-n memerlukan $n+1$ titik data x_0, x_1, \dots, x_n . Dengan cara yang sama seperti pada kedua *interpolasi* di atas, maka berdasarkan titik-titik data tersebut dapat ditentukan koefisien b_n

$$b_n = \frac{f[x_n, x_{n-1}, \dots, x_1] - f[x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_0]}{x_n - x_0}.$$

Dengan demikian, dengan mensubstitusikan nilai-nilai koefisien b_0, b_1, \dots, b_n ke dalam persamaan (22), diperoleh suatu bentuk *interpolasi polinomial* berikut:

$$\begin{aligned} f_n(x) &= f(x_0) + (x - x_0)f[x_1, x_0] + (x - x_0)(x - x_1)f[x_2, x_1, x_0] + \dots \\ &\dots + (x - x_0)(x - x_1)\dots(x - x_{n-1})f[x_n, x_{n-1}, \dots, x_0] \end{aligned} \quad (23)$$

Ada banyak cara yang dapat kita lakukan untuk menginterpolasi sesuai dengan anggapan yang akan kita buat. Selain dapat dilakukan *interpolasi* satu dimensi, dapat pula dilakukan *interpolasi* lebih dari satu dimensi. MATLAB menyediakan sejumlah fungsi untuk *interpolasi* di atas :

- Fungsi `interp1` : melakukan *interpolasi* pada data satu dimensi
- Fungsi `interp2` : melakukan *interpolasi* pada data dua dimensi
- Fungsi `interp3` : melakukan *interpolasi* pada data tiga dimensi
- Fungsi `interpN` : melakukan *interpolasi* pada data dengan dimensi yang lebih tinggi.

Selain itu MATLAB juga menyediakan sejumlah metode *interpolasi*, antara lain:

- `'linier'` : untuk *interpolasi linier*
- `'spline'` : untuk *interpolasi spline*
- `'cubic'` : untuk *interpolasi kubik*
- `'nearest'` : untuk *interpolasi tetangga terdekat*.

Dengan metode *interpolasi linier* akan didapatkan hasil yang sudah cukup baik, karena MATLAB akan menginterpolasi antara titik-titik data secara linier. Akan tetapi untuk lebih memperhalus data metode *interpolasi cubic* dan *spline* lebih banyak digunakan. Sedangkan metode *interpolasi nearest* sering kali disebut sebagai metode *interpolasi* terburuk karena menghasilkan solusi berupa data yang terdekat dengan nilai input, tetapi metode ini sering digunakan jika diperlukan hasil dalam waktu singkat atau jika data yang dihimpun sangat besar (Hanselman, 2000).

Sebagai contoh prosedur dalam MATLAB untuk *interpolasi* dua dimensi, sebagai berikut:

```
>> x=1:5          % sumbu x (panjang peti, bervariasi sepanjang baris z)
>> y=1:4          % sumbu y (lebar peti, bervariasi menurun pada kolom-
                  kolom z)
>> Z=[80 82 89 85 85;79 64 80 79 80;90 87 79 70 89;80 80 82 79 83]
          % data temperatur dalam peti
```

```
>> Xi=1:.02:5      % sumbu x yang lebih baik (resolusi panjang)
>> Yi=1:.02:4      % sumbu y yang lebih baik (resolusi lebar)
>> T=Interp2(x,y,Xi,Yi,'spline')
                    % menginterpolasi dengan menggunakan metode
                    spline
```

Berdasarkan teori di atas, maka metode *interpolasi* ini sangat sesuai dan dapat membantu dalam pengolahan data. Dengan menggunakan *interpolasi* kita dapat mengetahui besar kuat medan listrik pada titik-titik pada kedalaman yang bervariasi di sepanjang *borehole*. Hal ini mengingat dalam penelitian hanya didapatkan data medan listrik E_z pada setiap kedalaman 5 cm. Disamping itu pula dapat diketahui besar kuat medan listrik di titik-titik yang lain sepanjang bak penelitian. Dengan demikian hasil rekonstruksi data-data yang dibuat akan semakin baik. Dan ini akan mempermudah penganalisisan keadaan dalam media penelitian.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret sampai dengan Juli 2003 di Laboratorium Penelitian (Lab Fisika Material, Biofisika dan Geofisika) Fakultas MIPA Universitas Jember.

3.2 Pengukuran

3.2.1 Jenis Data

Data-data yang akan ditentukan pada penelitian ini adalah besar kuat medan listrik pada kedalaman yang bervariasi di sepanjang *borehole* atau medan listrik di suatu titik sepanjang sumbu z (E_z) untuk setiap letak elektroda arus yang berbeda-beda.

3.2.2 Akusisi Data

a. Obyek Yang Diteliti

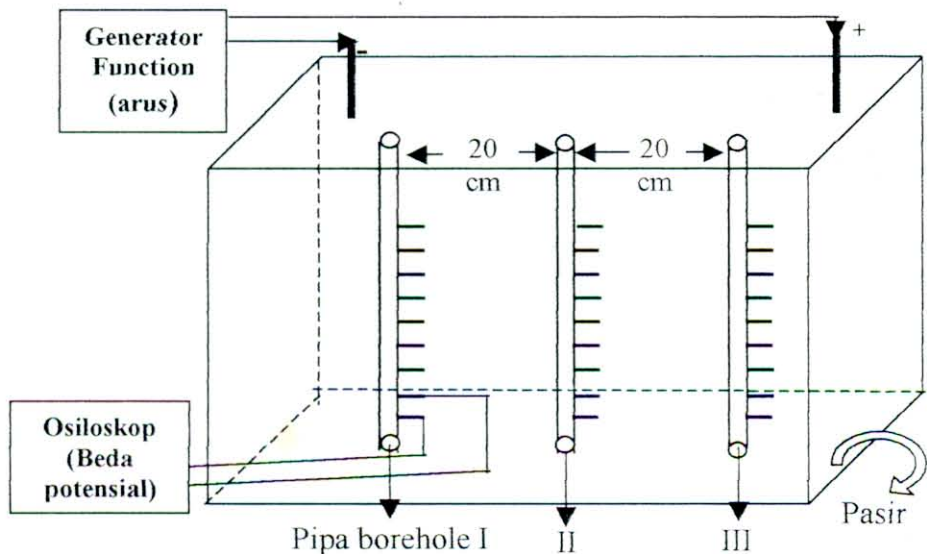
Penelitian ini bersifat eksperimen. Obyek yang diteliti berupa pasir yang diletakkan dalam bak yang terbuat dari kotak kardus berukuran 76x58x54 cm. Sebelumnya penelitian pernah dilakukan pada media tanah yang diletakkan dalam sebuah tabung berdiameter 35 cm dan tingginya 44 cm (Binley et al, 1995). Akan tetapi pada penelitian ini ke dalam obyek/pasir diberikan materi pengotor berupa besi batangan, botol minuman mineral (aqua) kosong, botol minuman mineral (aqua) berisi air, kaleng serta kaleng berisi air. Posisi/letak materi-materi pengotor tersebut dibuat bervariasi. Selain ada yang diletakkan diantara dua buah *borehole*, beberapa jenis materi pengotor tersebut ada yang diletakkan tepat melewati/tertembus oleh *borehole*.

b. Konfigurasi Sensor

Sebagai langkah pertama dalam penelitian ini yaitu mendesaian rangkaian sensor elektroda yang akan diletakkan di dalam bak penelitian. Pada eksperimen-eksperimen sebelumnya (Binley et al, 1995), biasanya elektroda-elektroda diletakkan mengelilingi obyek, akan tetapi pada penelitian kali ini elektroda-

elektroda sebagai sensor tomografi listrik dipasang pada sebuah pipa PVC berdiameter 2,5 cm dan diletakkan langsung didalam bak penelitian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7.

Secara umum elektroda-elektroda yang sering digunakan adalah 8 sampai dengan 16 elektroda (Wang et al, 1999). Oleh sebab itu pada penelitian ini digunakan 9 elektroda pada setiap *borehole*, dimana jarak antar elektroda tersebut adalah 5 cm. Sedangkan jarak antara *borehole* I, II dan III dibuat sekitar 20 cm, seperti yang ditunjuk dalam gambar 7.



Gambar 7. Rancangan eksperimen

Pada setiap elektroda dipasang kabel-kabel penghubung, dan selanjutnya dengan menggunakan kabel penghubung tersebut setiap pasangan-pasangan elektroda dihubungkan dengan sebuah osiloskop serta diukur beda potensialnya secara bergantian pada saat arus diinjeksikan. Dalam hal ini arus dari sebuah *generator function* diinjeksikan melalui sepasang elektroda (elektroda arus positif dan negatif) yang diletakkan pada permukaan tanah, seperti yang ditunjuk dalam gambar 7. Disini letak elektroda-elektroda arus tersebut dibuat bervariasi, yaitu dengan jarak 2 cm dari tepi-tepi bak penelitian serta 16 cm dari tepi-tepi bak penelitian atau tepat pada letak *borehole* I dan III berada. Pengukuran beda

potensial pada setiap sensor/pasangan elektroda dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan.

3.3 Pengolahan Data

Data-data beda potensial antara pasangan-pasangan elektroda yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk menentukan besarnya kuat medan listrik E_z pada kedalaman yang bervariasi di sepanjang *borehole*. Mengingat pengukuran beda potensial hanya pada sumbu z maka komponen medan listrik E_z ditentukan dengan:

$$E_z = -\frac{dV}{dz}, \text{ dimana } dv: \text{ beda potensial antara dua elektroda}$$

dz : jarak antara dua elektroda

Karena disini jarak antar elektroda dibuat konstan, yakni 5 cm = 0,05 m, maka besarnya medan listrik pada setiap pengukuran ditentukan dengan:

$$E_z = -20\Delta V$$

Untuk memudahkan mengetahui atau mendapatkan besar kuat medan listrik E_z pada kedalaman yang lain di sepanjang *borehole* serta di titik-titik sepanjang bak penelitian dilakukan *interpolasi* terhadap nilai-nilai E_z yang telah didapatkan pada masing-masing *borehole* dengan menggunakan fungsi yang tersedia dalam MATLAB. Disini dilakukan *interpolasi* dua dimensi menggunakan fungsi *interp2*, dengan menggunakan prosedur yang telah dijelaskan di depan. Dilakukan *interpolasi* dua dimensi karena kita ingin menentukan kuat medan listrik yang bervariasi terhadap kedalaman serta panjang bak penelitian.

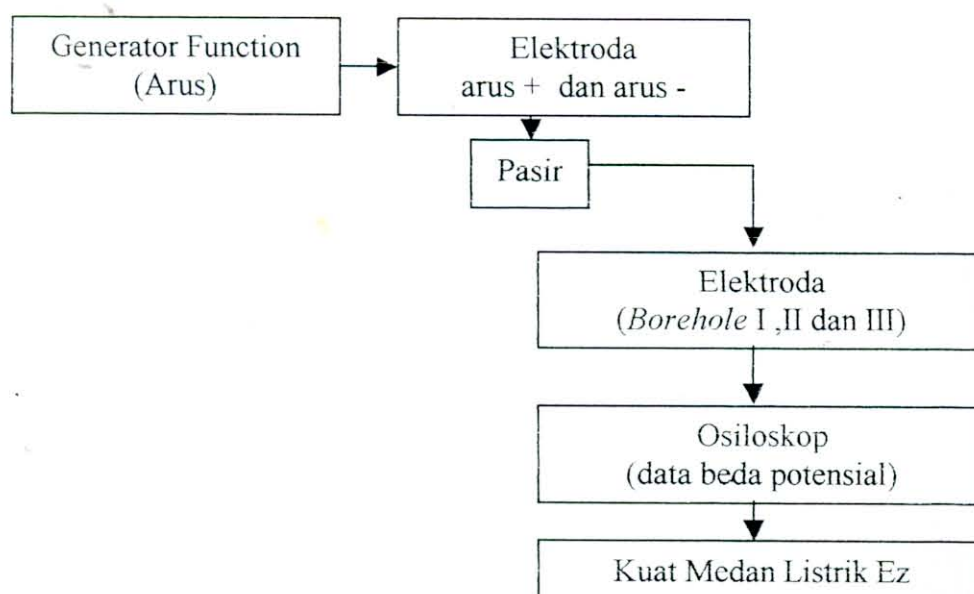
3.4 Analisa Data

Dalam pengukuran sering kali terjadi kesalahan (*error*), sehingga hasil pengukuran tidak akan tepat. Untuk meningkatkan tingkat kepercayaan percobaan, maka pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pengulangan dan data-data yang didapatkan dari 5 kali pengulangan tersebut kemudian dirata-rata, sehingga diharapkan *error* yang terjadi dapat berkurang hingga menjadi $\frac{1}{\sqrt{5}}$ kali

error semula. Dengan merata-rata hasil percobaan yang dilakukan berulang-ulang, kesalahan (*error*) akan menurun hingga menjadi $\frac{1}{\sqrt{n}}$ *error* semula, dimana n adalah banyaknya pengulangan (Skoog, 1998). Disamping itu dilakukan pula teknik normalisasi terhadap data-data kuat medan listrik yang telah diinterpolasi dengan cara mengurangi dengan nilai minimumnya, kemudian membagi hasil pengurangan tersebut dengan nilai data maksimumnya.

Berdasarkan data-data kuat medan listrik E_z yang didapatkan setelah dirata-rata, diinterpolasi dan dinormalisasi, selanjutnya dengan menggunakan fungsi *contour* dalam MATLAB dapat diinterpretasikan keadaan bawah tanah dalam bentuk suatu citra. Citra yang didapatkan selanjutnya akan dianalisa secara kualitatif. Mengingat dalam penelitian ini kita memberikan materi pengotor berupa kaleng, kaleng berisi air, botol minuman mineral (aqua) kosong, botol minuman mineral (aqua) berisi air serta besi batangan, maka diharapkan pengaruh pengotor ini dapat ditunjukkan dan keberadaan serta bentuk geometri penampang lintang pengotor dapat diidentifikasi dengan adanya warna-warna yang berbeda pada citra penampang bawah tanah yang dihasilkan.

3.5 Diagram Pengambilan Data



Gambar 8. Diagram pengambilan data



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh pengotor pada citra bawah tanah dengan menggunakan sistem tomografi listrik ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penentuan kuat medan listrik di bawah permukaan tanah dilakukan dengan mengukur beda potensial antara dua elektroda ketika arus diinjeksikan melalui sepasang elektroda ke dalam tanah.
2. Keadaan/penampang bawah tanah dapat diinterpretasikan berdasarkan sebaran kuat medan listrik dalam tanah tersebut, yaitu dengan cara menentukan komponen kuat medan listrik dalam satu arah serta menggambarkan kontur medan listrik dalam satu arah (E_z) tersebut.
3. Adanya pengotor berpengaruh terhadap rekonstruksi citra bawah tanah. Akan tetapi pengaruh, letak serta bentuk geometri penampang lintang pengotor akan lebih nampak pada citra yang didapatkan apabila saat pengukuran elektroda sensor tomografi listrik (*borehole*) mengenai/menembus pengotor tersebut.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis kemukakan, antara lain:

1. Penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut pada media pasir yang lebih luas (dilapangan) serta pada media-media yang lainnya, selain pasir.
2. Perlu dikembangkan pula penelitian dengan menggunakan jenis-jenis pengotor yang lain, selain pengotor yang telah digunakan dalam penelitian ini.
3. Adanya *noise* yang terjadi dalam penelitian ini kemungkinan diakibatkan pengaruh *ground* listrik dalam ruangan, sehingga untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan pada tempat yang terisolasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Binley, Andrew, Ben Shaw and Siobhan Henry Poulter. 1995. *Flow Pathways In Porous Media : Electrical Resistansi Tomography and Dye Staining Image Verification*. Lancaster University, Lancaster.
- Cillier, J.J, M.Wang and S.J Neething. 1999. *Measuring Flowing Foam Density Distribution Using ERT*. 1st World Congress On Industrial Tomography, Buxton Manchester, April 14-17.
- Chapra, Steven C. 1991. *Metode Numerik Untuk Teknik Dengan Penerapan Pada Komputer Pribadi*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hanselman , Duane dan Bruce Littlefield. 1997. *The Student Edition of MATLAB Version:5*. PRENTICE-HALL, Upper Saddler River Inc, New Jersey
- Halliday, David. 1990. *Fisika*. Erlangga, Jakarta.
- LaBrecque, D.J, A.I Ramimez, W.D Daily, A.M Binley and S.a Schima. 1995. *ERT Monitoring of Environment Remediation Processes*. Universitas of Anzonia, Tucson, USA.
- Reynold, John. M. 1997. *An Introduction to Apllied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons ltd, Inggris.
- Skoog, Douglass, F. James Hortler, Timothy. A.Nieman. 1998. *Principles of Instrumental Analysis*. Thomson Learning, Inc. USA.
- Tipler, Paul. A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Taib, Tachyudin M.C. 1999. *Explorasi Geolistrik*. ITB Bandung, Bandung.
- Wang, M,A.Dowrward, D.Vlaev and R.Mann. 1999. *Measurements of Gas-Liquid Mixing In a Stirred Vessel Using Electrical Resistance Tomography (ERT)*. 1st World Congress On Industrial Tomography, Buxton Manchester, April 14-17.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1

Data beda potensial pasir tanpa pengotor

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,45 | 1,5 | 1,65 | 0,42 | 1 | 1,32 | 0,42 | 0,76 | 1,12 |
| 2-3 | 0,55 | 1,5 | 2,25 | 0,4 | 0,74 | 1,16 | 0,48 | 0,86 | 1,56 |
| 3-4 | 0,45 | 1,5 | 2,05 | 0,55 | 2,1 | 2,75 | 0,45 | 1,5 | 2,1 |
| 4-5 | 0,5 | 1,6 | 2,25 | 0,4 | 1,15 | 1,5 | 0,4 | 1 | 1,5 |
| 5-6 | 0,45 | 1,35 | 1,9 | 0,45 | 1,6 | 2,3 | 0,42 | 0,62 | 1,26 |
| 6-7 | 0,48 | 1,14 | 1,68 | 0,46 | 0,82 | 1,28 | 0,6 | 1,7 | 2,35 |
| 7-8 | 0,55 | 1,35 | 2 | 0,55 | 1,9 | 2,6 | 0,55 | 1,7 | 2,25 |
| 8-9 | 0,6 | 1,65 | 2,4 | 6,5 | 1,4 | 2 | 0,5 | 1,25 | 1,8 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,5 | 1,15 | 1,6 | 0,48 | 0,88 | 1,24 | 0,52 | 0,84 | 1,12 |
| 2-3 | 0,55 | 1,5 | 2 | 0,48 | 0,8 | 1,16 | 0,54 | 1,1 | 1,36 |
| 3-4 | 0,46 | 1,1 | 1,54 | 0,5 | 2 | 2,4 | 0,54 | 1,52 | 1,64 |
| 4-5 | 0,44 | 1,2 | 1,64 | 0,36 | 1 | 1,36 | 0,48 | 1,06 | 1,6 |
| 5-6 | 0,5 | 1,5 | 2 | 0,6 | 1,65 | 2,1 | 0,4 | 1,64 | 1,08 |
| 6-7 | 0,55 | 1,4 | 1,95 | 0,45 | 0,8 | 1,15 | 0,55 | 1,6 | 2,05 |
| 7-8 | 0,44 | 1,14 | 1,58 | 0,55 | 1,95 | 2,4 | 0,6 | 1,5 | 2 |
| 8-9 | 0,48 | 1,1 | 1,54 | 0,5 | 1,35 | 1,85 | 0,5 | 1,25 | 1,7 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,48 | 1,12 | 1,5 | 0,42 | 0,92 | 1,16 | 0,4 | 0,8 | 1,12 |
| 2-3 | 0,55 | 1,5 | 2 | 0,44 | 0,76 | 1,1 | 0,48 | 1,12 | 1,56 |
| 3-4 | 0,6 | 1,15 | 1,7 | 0,55 | 0,95 | 2,5 | 0,5 | 1,5 | 2 |
| 4-5 | 0,44 | 1,6 | 1,64 | 0,4 | 1,1 | 1,4 | 0,5 | 1,1 | 1,5 |
| 5-6 | 0,5 | 1,5 | 2 | 0,6 | 1,65 | 2,25 | 0,48 | 0,8 | 1,28 |
| 6-7 | 0,55 | 1,55 | 2 | 0,42 | 0,78 | 1,2 | 0,45 | 1,65 | 2,2 |
| 7-8 | 0,5 | 1,25 | 1,75 | 0,55 | 2 | 2,6 | 0,55 | 1,7 | 2,15 |
| 8-9 | 0,46 | 1,14 | 1,6 | 0,5 | 1,4 | 1,9 | 0,5 | 1,2 | 1,7 |

Lanjutan lampiran 1

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,38 | 1,38 | 1,24 | 0,4 | 1,2 | 1,08 | 0,38 | 1,06 | 0,98 |
| 2-3 | 0,5 | 1,9 | 1,44 | 0,42 | 1 | 0,92 | 0,44 | 1,3 | 1,14 |
| 3-4 | 0,5 | 1,4 | 1,24 | 0,5 | 2,4 | 1,8 | 0,48 | 1,9 | 1,5 |
| 4-5 | 0,46 | 1,08 | 1,38 | 0,36 | 1,44 | 1,08 | 0,45 | 1,9 | 1,2 |
| 5-6 | 0,5 | 1,9 | 1,5 | 0,55 | 2,25 | 1,6 | 0,46 | 1,1 | 1,06 |
| 6-7 | 0,4 | 2 | 1,48 | 0,45 | 1,1 | 1,06 | 0,5 | 2,05 | 1,75 |
| 7-8 | 0,44 | 1,56 | 1,3 | 0,5 | 2,5 | 2 | 0,45 | 2,2 | 1,8 |
| 8-9 | 0,42 | 1,42 | 1,24 | 0,45 | 1,9 | 1,5 | 0,5 | 1,6 | 1,4 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,32 | 1,56 | 1,04 | 0,34 | 1,42 | 1,12 | 0,4 | 1,2 | 1 |
| 2-3 | 0,4 | 1,9 | 1,2 | 0,32 | 0,94 | 0,88 | 0,3 | 1,4 | 1,15 |
| 3-4 | 0,36 | 1,44 | 1,06 | 0,4 | 2,45 | 1,9 | 0,4 | 1,9 | 1,5 |
| 4-5 | 0,35 | 1,7 | 1,2 | 0,3 | 1,5 | 1,05 | 0,45 | 1,3 | 1,1 |
| 5-6 | 0,36 | 1,9 | 1,4 | 0,4 | 2,15 | 1,6 | 0,4 | 1,05 | 1 |
| 6-7 | 0,4 | 2 | 1,95 | 0,35 | 1,2 | 1,05 | 0,35 | 2,1 | 1,8 |
| 7-8 | 0,36 | 1,48 | 1,14 | 0,4 | 2,6 | 2,1 | 0,4 | 2,15 | 1,85 |
| 8-9 | 0,4 | 1,44 | 1,16 | 0,35 | 2 | 1,5 | 0,45 | 1,65 | 1,4 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 1,6 | 1,35 | 0,45 | 1,45 | 1,5 |
| 2-3 | 0,4 | 2,75 | 1,6 | 0,5 | 1,5 | 1,4 |
| 3-4 | 0,45 | 1,5 | 1,25 | 0,4 | 2,15 | 1,8 |
| 4-5 | 0,4 | 2 | 1,5 | 0,45 | 1,4 | 1,3 |
| 5-6 | 0,45 | 1,95 | 1,65 | 0,42 | 1,04 | 1,18 |
| 6-7 | 0,4 | 2 | 1,7 | 0,4 | 2,1 | 1,95 |
| 7-8 | 0,42 | 1,6 | 1,35 | 0,5 | 2 | 2,2 |
| 8-9 | 0,44 | 1,46 | 1,36 | 0,46 | 1,64 | 1,6 |

Lanjutan lampiran 1

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 1,38 | 1,48 | 0,46 | 1,28 | 1,24 |
| 2-3 | 0,45 | 2 | 1,9 | 0,48 | 1,42 | 1,5 |
| 3-4 | 0,5 | 1,55 | 1,5 | 0,45 | 1,95 | 1,65 |
| 4-5 | 0,4 | 1,75 | 1,7 | 0,44 | 1,34 | 1,3 |
| 5-6 | 0,35 | 1,95 | 1,9 | 0,46 | 1,06 | 1,14 |
| 6-7 | 0,45 | 1,9 | 2 | 0,5 | 2,1 | 2 |
| 7-8 | 0,36 | 1,68 | 1,56 | 0,45 | 2,25 | 1,95 |
| 8-9 | 0,4 | 1,5 | 1,54 | 0,42 | 1,7 | 1,65 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,36 | 1,6 | 1,5 | 0,45 | 1,2 | 1,4 |
| 2-3 | 0,45 | 2 | 1,95 | 0,5 | 1,5 | 1,7 |
| 3-4 | 0,46 | 1,4 | 1,46 | 0,4 | 2,25 | 2,05 |
| 4-5 | 0,35 | 1,75 | 1,7 | 0,45 | 1,5 | 1,55 |
| 5-6 | 0,45 | 1,85 | 1,9 | 0,4 | 1 | 1,2 |
| 6-7 | 0,4 | 1,95 | 1,85 | 0,35 | 2,3 | 2,4 |
| 7-8 | 0,5 | 1,75 | 1,7 | 0,4 | 2,2 | 2,25 |
| 8-9 | 0,4 | 1,5 | 1,85 | 0,45 | 1,6 | 1,85 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 1,55 | 1,75 | 0,45 | 1,3 | 1,4 |
| 2-3 | 0,3 | 2,1 | 2,2 | 0,5 | 1,55 | 1,75 |
| 3-4 | 0,4 | 1,6 | 1,65 | 0,4 | 2,3 | 2,25 |
| 4-5 | 0,3 | 1,8 | 1,9 | 0,45 | 1,4 | 1,5 |
| 5-6 | 0,4 | 1,85 | 2 | 0,4 | 1 | 1,3 |
| 6-7 | 0,35 | 1,9 | 2 | 0,35 | 2,12 | 2,25 |
| 7-8 | 0,4 | 1,5 | 1,7 | 0,4 | 2,1 | 2,35 |
| 8-9 | 0,35 | 1,55 | 1,75 | 0,45 | 1,65 | 1,95 |

Lanjutan lampiran 1

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,38 | 1,42 | 1,54 | 0,46 | 1,2 | 1,4 |
| 2-3 | 0,45 | 1,85 | 1,9 | 0,5 | 1,45 | 1,65 |
| 3-4 | 0,42 | 1,46 | 1,6 | 0,45 | 2,15 | 2,05 |
| 4-5 | 0,45 | 1,9 | 1,85 | 0,4 | 1,25 | 1,4 |
| 5-6 | 0,4 | 1,9 | 1,95 | 0,4 | 1 | 1,3 |
| 6-7 | 0,5 | 2 | 2,05 | 0,45 | 2 | 2,2 |
| 7-8 | 0,35 | 1,5 | 1,65 | 0,4 | 2,2 | 2,3 |
| 8-9 | 0,4 | 1,5 | 1,7 | 0,45 | 1,6 | 1,8 |

Lampiran 2

Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng kosong posisi berdiri

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,75 | 4,6 | 2,4 | 0,65 | 4,8 | 1,8 | 0,8 | 4,9 | 2,5 |
| 2-3 | 0,7 | 4,5 | 2 | 0,8 | 5 | 2,2 | 0,85 | 5,2 | 2,8 |
| 3-4 | 0,8 | 5 | 2,5 | 0,75 | 4,7 | 2,4 | 0,9 | 5,1 | 2,6 |
| 4-5 | 0,85 | 5,2 | 2,8 | 0,6 | 1,7 | 1 | 0,9 | 5,5 | 2,9 |
| 5-6 | 0,8 | 5,3 | 2,6 | 0,6 | 2,2 | 1,4 | 1 | 5,4 | 2,8 |
| 6-7 | 0,8 | 5,6 | 2,8 | 0,6 | 1,75 | 1,12 | 0,85 | 5 | 2,6 |
| 7-8 | 0,85 | 5,3 | 2,8 | 0,75 | 4 | 2,1 | 0,85 | 5,6 | 3 |
| 8-9 | 1 | 5,8 | 3 | 0,9 | 5,3 | 2,8 | 1,1 | 6 | 3,4 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,8 | 4,7 | 2,2 | 0,7 | 4,7 | 2,1 | 0,85 | 5 | 2,6 |
| 2-3 | 0,7 | 4,8 | 2,3 | 0,8 | 5,1 | 2,4 | 0,9 | 5,3 | 2,85 |
| 3-4 | 0,8 | 5,3 | 2,4 | 0,8 | 5 | 2,4 | 0,9 | 5,2 | 2,7 |
| 4-5 | 0,8 | 5,4 | 2,6 | 0,6 | 1,7 | 1,04 | 0,9 | 5,5 | 3 |
| 5-6 | 0,8 | 5,5 | 2,7 | 0,6 | 2,25 | 1,3 | 0,85 | 5,4 | 2,8 |
| 6-7 | 0,85 | 5,6 | 2,8 | 0,65 | 1,75 | 1,12 | 0,85 | 5,3 | 2,8 |
| 7-8 | 0,85 | 5,6 | 2,7 | 0,75 | 4,5 | 2 | 0,9 | 5,6 | 2,9 |
| 8-9 | 0,9 | 6 | 3,2 | 0,85 | 5,6 | 2,8 | 1,1 | 6,1 | 3,4 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,7 | 4,8 | 2,1 | 0,7 | 4,5 | 1,85 | 0,85 | 5,2 | 2,6 |
| 2-3 | 0,7 | 4,8 | 2,3 | 0,75 | 5,1 | 2,3 | 0,85 | 5,5 | 2,7 |
| 3-4 | 0,75 | 5,3 | 2,6 | 0,8 | 4,9 | 2,35 | 0,9 | 5,4 | 2,6 |
| 4-5 | 0,8 | 5,6 | 2,8 | 0,56 | 1,7 | 1 | 0,9 | 5,8 | 2,8 |
| 5-6 | 0,8 | 5,6 | 2,8 | 0,6 | 2,2 | 1,32 | 1 | 5,6 | 2,8 |
| 6-7 | 0,8 | 5,8 | 2,8 | 0,6 | 1,8 | 1,08 | 0,9 | 5,5 | 2,6 |
| 7-8 | 0,85 | 5,6 | 2,7 | 0,75 | 4,6 | 2 | 0,9 | 5,8 | 2,9 |
| 8-9 | 0,9 | 6,1 | 3,1 | 0,85 | 5,6 | 2,7 | 1,1 | 6,1 | 3,3 |

Lanjutan lampiran 2

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,7 | 4,8 | 1,9 | 0,7 | 4,4 | 1,8 | 0,75 | 5,1 | 2,3 |
| 2-3 | 0,75 | 4,8 | 2 | 0,75 | 4,8 | 1,95 | 0,85 | 5,6 | 2,5 |
| 3-4 | 0,75 | 5,3 | 2,2 | 0,8 | 5 | 2,2 | 0,8 | 5,4 | 2,65 |
| 4-5 | 0,8 | 5,7 | 2,4 | 0,64 | 1,65 | 1,04 | 0,85 | 5,9 | 2,9 |
| 5-6 | 0,8 | 5,9 | 2,5 | 0,6 | 2,25 | 1,4 | 0,9 | 5,8 | 2,75 |
| 6-7 | 0,8 | 6 | 2,65 | 0,6 | 1,75 | 1,12 | 0,8 | 5,4 | 2,5 |
| 7-8 | 0,85 | 6 | 2,7 | 0,76 | 2,9 | 1,48 | 0,8 | 5,8 | 2,8 |
| 8-9 | 0,9 | 6,1 | 2,95 | 0,8 | 5,8 | 2,4 | 1,1 | 7 | 3,3 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,75 | 4,9 | 2 | 0,68 | 4,4 | 1,6 | 0,75 | 5,2 | 2,1 |
| 2-3 | 0,7 | 5,1 | 2,05 | 0,8 | 5 | 2 | 0,8 | 5,6 | 2,4 |
| 3-4 | 0,8 | 5,4 | 2,2 | 0,7 | 5 | 2,1 | 0,85 | 5,4 | 2,25 |
| 4-5 | 0,75 | 5,6 | 2,5 | 0,6 | 1,7 | 1,12 | 0,8 | 6 | 3 |
| 5-6 | 0,8 | 6 | 2,5 | 0,6 | 2,3 | 1,44 | 0,8 | 5,9 | 2,5 |
| 6-7 | 0,8 | 6 | 2,7 | 0,68 | 1,7 | 1,16 | 0,75 | 5,6 | 2,2 |
| 7-8 | 0,8 | 6 | 2,55 | 0,72 | 3,2 | 1,48 | 0,8 | 6 | 2,5 |
| 8-9 | 0,9 | 6,4 | 3 | 0,8 | 5,8 | 2,3 | 1 | 7 | 3 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,8 | 2 | 0,7 | 5,3 | 1,9 |
| 2-3 | 0,7 | 5,5 | 1,9 | 0,85 | 5,6 | 2,3 |
| 3-4 | 0,7 | 5,2 | 2,05 | 0,8 | 5,4 | 2,15 |
| 4-5 | 0,75 | 5,8 | 2,3 | 0,8 | 6 | 2,3 |
| 5-6 | 0,75 | 6 | 2,4 | 0,8 | 5,8 | 2,35 |
| 6-7 | 0,8 | 6 | 2,7 | 0,75 | 5,2 | 2 |
| 7-8 | 0,8 | 6,1 | 2,4 | 0,7 | 6 | 2,4 |
| 8-9 | 0,9 | 6,5 | 2,8 | 1 | 6,8 | 3 |

Lanjutan lampiran 2

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,68 | 5 | 1,6 | 0,8 | 5,2 | 2 |
| 2-3 | 0,75 | 5,2 | 2 | 0,8 | 5,6 | 2,2 |
| 3-4 | 0,75 | 5,3 | 2,05 | 0,8 | 5,5 | 2,1 |
| 4-5 | 0,75 | 5,6 | 2,3 | 0,8 | 5,8 | 2,3 |
| 5-6 | 0,75 | 5,9 | 2,35 | 0,75 | 5,8 | 2,25 |
| 6-7 | 0,8 | 6 | 2,4 | 0,75 | 5,2 | 2 |
| 7-8 | 0,8 | 6 | 2,4 | 0,8 | 6 | 2,3 |
| 8-9 | 0,9 | 6,5 | 2,8 | 1 | 6,8 | 2,9 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,64 | 5 | 1,6 | 0,75 | 5 | 2 |
| 2-3 | 0,7 | 5,5 | 2,15 | 0,8 | 5,4 | 2,3 |
| 3-4 | 0,65 | 5,4 | 2 | 0,8 | 5,5 | 2,05 |
| 4-5 | 0,8 | 5,6 | 2,3 | 0,8 | 6 | 2,4 |
| 5-6 | 0,75 | 5,8 | 2,3 | 0,75 | 6 | 2,35 |
| 6-7 | 0,8 | 6 | 2,4 | 0,75 | 5,3 | 2,2 |
| 7-8 | 0,8 | 6 | 2,4 | 0,8 | 6,2 | 2,35 |
| 8-9 | 0,9 | 6,5 | 2,7 | 0,9 | 6,8 | 2,9 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,7 | 4,8 | 1,9 | 0,7 | 5,3 | 1,85 |
| 2-3 | 0,7 | 5 | 2,1 | 0,9 | 5,8 | 2,2 |
| 3-4 | 0,8 | 5,2 | 2,3 | 0,85 | 5,6 | 2 |
| 4-5 | 0,8 | 5,6 | 2,3 | 0,8 | 6 | 2,3 |
| 5-6 | 0,75 | 5,8 | 2,5 | 0,8 | 6 | 2,25 |
| 6-7 | 0,75 | 6 | 2,7 | 0,8 | 5,4 | 2,05 |
| 7-8 | 0,8 | 6 | 2,6 | 0,85 | 6,2 | 2,45 |
| 8-9 | 0,9 | 6,5 | 3 | 0,9 | 6,8 | 2,8 |

Lanjutan lampiran 2

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,68 | 4,5 | 1,64 | 0,8 | 5,2 | 1,9 |
| 2-3 | 0,7 | 5,2 | 2 | 0,8 | 5,8 | 2,3 |
| 3-4 | 0,7 | 5,3 | 2,2 | 0,85 | 5,6 | 2,2 |
| 4-5 | 0,75 | 5,8 | 2,4 | 0,8 | 6 | 2,3 |
| 5-6 | 0,75 | 6 | 2,4 | 0,75 | 6 | 2,3 |
| 6-7 | 0,8 | 6,1 | 2,5 | 0,75 | 5,4 | 2,1 |
| 7-8 | 0,8 | 6,1 | 2,45 | 0,8 | 6,2 | 2,5 |
| 8-9 | 0,9 | 6,5 | 2,8 | 1 | 7 | 2,9 |

Lampiran 3

Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng kosong posisi tidur

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,35 | 1,4 | 0,35 | 2,1 | 1,4 | 0,4 | 2,8 | 1,6 |
| 2-3 | 0,35 | 2,3 | 1,35 | 0,3 | 2,9 | 1,5 | 0,4 | 2,55 | 1,6 |
| 3-4 | 0,35 | 2 | 1,3 | 0,35 | 2,05 | 1,3 | 0,35 | 2,8 | 1,65 |
| 4-5 | 0,35 | 2 | 1,3 | 0,25 | 1,6 | 1,2 | 0,3 | 2,7 | 1,7 |
| 5-6 | 0,35 | 2,2 | 1,3 | 0,3 | 1,8 | 1,25 | 0,4 | 2,6 | 1,65 |
| 6-7 | 0,4 | 3,1 | 1,5 | 0,3 | 1,65 | 1,15 | 0,4 | 2,75 | 1,8 |
| 7-8 | 0,3 | 1,7 | 1,1 | 0,35 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 3 | 1,8 |
| 8-9 | 0,4 | 2,3 | 1,35 | 0,3 | 2,1 | 1,3 | 0,4 | 2,75 | 1,7 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,7 | 1,5 | 0,35 | 2,3 | 1,5 | 0,35 | 2,8 | 1,7 |
| 2-3 | 0,35 | 2,5 | 1,5 | 0,35 | 2,9 | 1,6 | 0,45 | 2,65 | 1,7 |
| 3-4 | 0,35 | 2,25 | 1,4 | 0,3 | 2,1 | 1,55 | 0,4 | 2,85 | 1,8 |
| 4-5 | 0,35 | 2,15 | 1,4 | 0,2 | 1,65 | 1,3 | 0,4 | 2,8 | 1,85 |
| 5-6 | 0,4 | 2,4 | 1,5 | 0,35 | 2 | 1,5 | 0,4 | 2,65 | 1,8 |
| 6-7 | 0,4 | 3,25 | 1,7 | 0,25 | 1,75 | 1,35 | 0,4 | 2,8 | 1,9 |
| 7-8 | 0,35 | 1,8 | 1,3 | 0,3 | 1,7 | 1,4 | 0,45 | 3,1 | 1,9 |
| 8-9 | 0,4 | 2,4 | 1,5 | 0,35 | 2,2 | 1,5 | 0,4 | 2,8 | 1,8 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,5 | 1,45 | 0,35 | 2,2 | 1,5 | 0,35 | 2,9 | 1,7 |
| 2-3 | 0,3 | 2,45 | 1,5 | 0,35 | 2,95 | 1,5 | 0,4 | 2,6 | 1,6 |
| 3-4 | 0,35 | 2,2 | 1,4 | 0,3 | 1,9 | 1,35 | 0,45 | 2,8 | 1,8 |
| 4-5 | 0,4 | 2,2 | 1,45 | 0,25 | 1,5 | 1,2 | 0,4 | 2,7 | 1,75 |
| 5-6 | 0,3 | 2,4 | 1,5 | 0,35 | 1,9 | 1,45 | 0,45 | 2,5 | 1,8 |
| 6-7 | 0,4 | 3,25 | 1,8 | 0,3 | 1,6 | 1,2 | 0,4 | 2,6 | 1,75 |
| 7-8 | 0,3 | 1,8 | 1,3 | 0,35 | 1,6 | 1,3 | 0,35 | 2,95 | 1,9 |
| 8-9 | 0,45 | 2,45 | 1,5 | 0,35 | 2,1 | 1,4 | 0,45 | 2,8 | 1,85 |

Lanjutan lampiran 3

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,6 | 1,6 | 0,4 | 2,3 | 1,5 | 0,4 | 2,8 | 1,8 |
| 2-3 | 0,35 | 2,4 | 1,55 | 0,4 | 3 | 1,75 | 0,4 | 2,85 | 1,85 |
| 3-4 | 0,4 | 2,3 | 1,6 | 0,4 | 2,1 | 1,4 | 0,45 | 2,9 | 1,9 |
| 4-5 | 0,4 | 2,1 | 1,5 | 0,35 | 1,5 | 1,4 | 0,4 | 2,85 | 1,8 |
| 5-6 | 0,35 | 2,5 | 1,65 | 0,3 | 1,7 | 1,4 | 0,45 | 2,55 | 1,8 |
| 6-7 | 0,45 | 3,3 | 2 | 0,35 | 1,6 | 1,35 | 0,4 | 2,65 | 1,75 |
| 7-8 | 0,4 | 1,8 | 1,45 | 0,35 | 1,55 | 1,35 | 0,4 | 3 | 2 |
| 8-9 | 0,45 | 2,55 | 1,9 | 0,4 | 2,25 | 1,5 | 0,4 | 2,8 | 1,9 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,7 | 1,7 | 0,35 | 2,4 | 1,7 | 0,4 | 2,7 | 1,9 |
| 2-3 | 0,4 | 2,55 | 1,65 | 0,4 | 2,9 | 1,8 | 0,4 | 2,8 | 2,1 |
| 3-4 | 0,4 | 2,5 | 1,6 | 0,45 | 2,4 | 1,9 | 0,45 | 2,85 | 2 |
| 4-5 | 0,35 | 2,2 | 1,7 | 0,4 | 1,65 | 1,3 | 0,35 | 2,8 | 1,95 |
| 5-6 | 0,4 | 2,55 | 1,8 | 0,4 | 1,95 | 1,5 | 0,4 | 2,6 | 1,9 |
| 6-7 | 0,4 | 3,3 | 2,1 | 0,4 | 1,75 | 1,3 | 0,35 | 2,7 | 1,95 |
| 7-8 | 0,35 | 1,85 | 1,5 | 0,45 | 2 | 1,45 | 0,45 | 3,1 | 2,15 |
| 8-9 | 0,45 | 2,6 | 1,85 | 0,4 | 2,2 | 1,5 | 0,4 | 2,9 | 2,05 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,5 | 2,7 | 2,45 | 0,6 | 2,9 | 2,15 |
| 2-3 | 0,4 | 2,6 | 1,6 | 0,6 | 2,9 | 2,25 |
| 3-4 | 0,4 | 2,3 | 1,9 | 0,65 | 2,8 | 2,2 |
| 4-5 | 0,35 | 2,1 | 1,8 | 0,5 | 2,8 | 2,2 |
| 5-6 | 0,4 | 2,4 | 2 | 0,55 | 2,55 | 2,15 |
| 6-7 | 0,4 | 3,3 | 2,5 | 0,5 | 2,7 | 2,25 |
| 7-8 | 0,35 | 1,8 | 1,55 | 0,6 | 3,1 | 2,4 |
| 8-9 | 0,45 | 2,6 | 2 | 0,55 | 2,9 | 2,3 |

Lanjutan lampiran 3

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2,65 | 1,7 | 0,4 | 3,1 | 2,3 |
| 2-3 | 0,4 | 2,6 | 1,6 | 0,45 | 3,1 | 2,3 |
| 3-4 | 0,35 | 2,3 | 1,7 | 0,45 | 3,15 | 2,3 |
| 4-5 | 0,4 | 2,2 | 1,75 | 0,4 | 3,1 | 2,4 |
| 5-6 | 0,35 | 2,45 | 1,8 | 0,4 | 2,9 | 2,3 |
| 6-7 | 0,45 | 3,3 | 2,25 | 0,45 | 2,9 | 2,4 |
| 7-8 | 0,4 | 1,8 | 1,55 | 0,45 | 3,3 | 2,5 |
| 8-9 | 0,45 | 2,6 | 2,1 | 0,4 | 3,15 | 2,5 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2,5 | 1,7 | 0,45 | 3,2 | 2,35 |
| 2-3 | 0,35 | 2,55 | 1,7 | 0,45 | 3,15 | 2,4 |
| 3-4 | 0,4 | 2,3 | 1,65 | 0,5 | 3,25 | 2,45 |
| 4-5 | 0,4 | 2,15 | 1,65 | 0,35 | 3,1 | 2,35 |
| 5-6 | 0,5 | 2,45 | 2 | 0,4 | 2,9 | 1,9 |
| 6-7 | 0,4 | 3,3 | 2,2 | 0,4 | 2,5 | 1,95 |
| 7-8 | 0,35 | 1,85 | 1,6 | 0,4 | 3 | 2,15 |
| 8-9 | 0,45 | 2,55 | 2 | 0,45 | 2,8 | 2,1 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,7 | 1,8 | 0,4 | 2,9 | 2,1 |
| 2-3 | 0,4 | 2,55 | 1,7 | 0,45 | 3 | 2,3 |
| 3-4 | 0,35 | 2,3 | 1,65 | 0,4 | 3,05 | 2,25 |
| 4-5 | 0,3 | 2,2 | 1,7 | 0,45 | 3 | 2,1 |
| 5-6 | 0,4 | 2,4 | 1,8 | 0,45 | 2,6 | 2 |
| 6-7 | 0,45 | 3,25 | 2,35 | 0,45 | 2,6 | 2,1 |
| 7-8 | 0,35 | 1,85 | 1,6 | 0,4 | 2,95 | 2,2 |
| 8-9 | 0,4 | 2,6 | 2 | 0,45 | 2,8 | 2,15 |

Lanjutan lampiran 3

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,8 | 1,8 | 0,45 | 2,7 | 2 |
| 2-3 | 0,35 | 2,5 | 1,8 | 0,45 | 2,8 | 2,1 |
| 3-4 | 0,4 | 2,2 | 1,7 | 0,45 | 2,9 | 2,05 |
| 4-5 | 0,4 | 2,15 | 1,7 | 0,4 | 2,7 | 2,05 |
| 5-6 | 0,4 | 2,45 | 1,9 | 0,4 | 2,55 | 2,05 |
| 6-7 | 0,45 | 3,3 | 2,3 | 0,4 | 2,6 | 2,15 |
| 7-8 | 0,4 | 1,9 | 1,6 | 0,45 | 3 | 2,3 |
| 8-9 | 0,45 | 2,65 | 2,05 | 0,45 | 2,8 | 2,25 |

Lampiran 4

Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng berisi air posisi berdiri

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,4 | 2,6 | 0,6 | 3,7 | 2,2 | 0,7 | 4,6 | 2,8 |
| 2-3 | 0,7 | 4,3 | 2,8 | 0,7 | 4,3 | 2,6 | 0,8 | 4,8 | 3 |
| 3-4 | 0,7 | 5,2 | 3,2 | 0,75 | 4,8 | 3 | 0,75 | 4,7 | 3 |
| 4-5 | 0,7 | 5,1 | 3,4 | 1,4 | 6,2 | 4,6 | 0,75 | 5,2 | 3,2 |
| 5-6 | 0,75 | 5,6 | 3,4 | 1,4 | 6,3 | 4,7 | 0,8 | 5,4 | 3,4 |
| 6-7 | 0,8 | 5,4 | 3,6 | 1,4 | 6,4 | 4,6 | 0,7 | 4,5 | 3,2 |
| 7-8 | 0,7 | 5,4 | 3,4 | 0,65 | 3,4 | 2,2 | 0,75 | 5,6 | 3,4 |
| 8-9 | 0,8 | 5,7 | 3,7 | 0,7 | 5,4 | 3,3 | 0,85 | 6 | 3,8 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,4 | 2,6 | 0,65 | 3,8 | 2,2 | 0,65 | 4,6 | 2,8 |
| 2-3 | 0,7 | 4,4 | 2,8 | 0,7 | 4,4 | 2,6 | 0,75 | 4,7 | 3 |
| 3-4 | 0,75 | 5,3 | 3,1 | 0,75 | 4,9 | 2,9 | 0,75 | 4,8 | 3 |
| 4-5 | 0,8 | 5,4 | 3,3 | 1,4 | 6,4 | 4,6 | 0,75 | 5,2 | 3,2 |
| 5-6 | 0,8 | 5,6 | 3,4 | 1,4 | 6,4 | 4,6 | 0,8 | 5,4 | 3,3 |
| 6-7 | 0,8 | 5,8 | 3,5 | 1,4 | 6,4 | 4,6 | 0,75 | 4,7 | 3,1 |
| 7-8 | 0,8 | 5,5 | 3,3 | 0,65 | 3,4 | 2,2 | 0,8 | 5,7 | 3,4 |
| 8-9 | 0,9 | 5,8 | 3,7 | 0,8 | 5,5 | 3,3 | 0,9 | 6,1 | 3,8 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,7 | 4,6 | 2,5 | 0,7 | 3,9 | 2,2 | 0,7 | 4,7 | 2,6 |
| 2-3 | 0,7 | 4,6 | 2,6 | 0,75 | 4,6 | 2,6 | 0,75 | 4,8 | 2,8 |
| 3-4 | 0,75 | 5,1 | 3 | 0,75 | 4,9 | 2,8 | 0,75 | 5 | 2,85 |
| 4-5 | 0,7 | 5,4 | 3,2 | 1,4 | 6,5 | 4,6 | 0,75 | 5,4 | 3,2 |
| 5-6 | 0,75 | 5,6 | 3,2 | 1,35 | 6,5 | 4,7 | 0,8 | 5,7 | 3,2 |
| 6-7 | 0,8 | 5,8 | 3,4 | 1,4 | 6,6 | 4,7 | 0,75 | 5 | 3 |
| 7-8 | 0,8 | 5,8 | 3,4 | 0,65 | 3,4 | 2,2 | 0,75 | 6 | 3,4 |
| 8-9 | 0,9 | 6 | 3,8 | 0,8 | 5,7 | 3,2 | 0,9 | 6,5 | 3,8 |

Lanjutan lampiran 4

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,6 | 2,4 | 0,7 | 4,3 | 2,3 | 0,7 | 4,8 | 2,8 |
| 2-3 | 0,7 | 4,7 | 2,5 | 0,7 | 4,9 | 2,8 | 0,75 | 4,9 | 2,8 |
| 3-4 | 0,75 | 5,3 | 2,9 | 0,75 | 5 | 2,8 | 0,75 | 5,2 | 2,85 |
| 4-5 | 0,7 | 5,5 | 3,2 | 1,4 | 6,8 | 4,6 | 0,75 | 5,5 | 3,2 |
| 5-6 | 0,75 | 5,7 | 3,2 | 1,4 | 6,8 | 4,6 | 0,75 | 5,6 | 3,2 |
| 6-7 | 0,75 | 5,9 | 3,4 | 1,4 | 6,8 | 4,5 | 0,8 | 5 | 3,4 |
| 7-8 | 0,8 | 5,9 | 3,4 | 0,65 | 3,4 | 2,2 | 0,8 | 5,9 | 3,8 |
| 8-9 | 0,9 | 6,3 | 3,7 | 0,8 | 5,8 | 3,3 | 0,85 | 6,5 | |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,8 | 2,5 | 0,7 | 4,4 | 2,4 | 0,7 | 4,8 | 2,6 |
| 2-3 | 0,7 | 4,7 | 2,6 | 0,7 | 4,9 | 2,4 | 0,75 | 4,9 | 2,6 |
| 3-4 | 0,7 | 5,4 | 3 | 0,75 | 5 | 2,8 | 0,75 | 5 | 2,8 |
| 4-5 | 0,7 | 5,6 | 3,1 | 1,4 | 6,8 | 4,5 | 0,8 | 5,7 | 3,1 |
| 5-6 | 0,8 | 5,8 | 3,2 | 1,4 | 6,8 | 4,5 | 0,75 | 5,6 | 3,2 |
| 6-7 | 0,75 | 5,9 | 3,4 | 1,35 | 6,8 | 4,5 | 0,8 | 5,3 | 2,9 |
| 7-8 | 0,8 | 5,8 | 3,3 | 0,6 | 3,4 | 2,1 | 0,8 | 5,9 | 3,4 |
| 8-9 | 0,8 | 6,3 | 3,7 | 0,85 | 5,8 | 3,2 | 0,9 | 6,5 | 3,7 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,6 | 4,6 | 2,2 | 0,7 | 5 | 2,6 |
| 2-3 | 0,65 | 4,9 | 2,3 | 0,75 | 5 | 2,7 |
| 3-4 | 0,7 | 5,3 | 2,6 | 0,8 | 5,2 | 2,8 |
| 4-5 | 0,65 | 5,6 | 2,8 | 0,75 | 5,8 | 3 |
| 5-6 | 0,7 | 5,8 | 3 | 0,75 | 5,8 | 3,1 |
| 6-7 | 0,75 | 6 | 3,2 | 0,75 | 5,4 | 2,8 |
| 7-8 | 0,75 | 6 | 3,2 | 0,8 | 6 | 3,2 |
| 8-9 | 0,75 | 6,4 | 3,5 | 0,85 | 6,6 | 3,6 |

Lanjutan lampiran 4

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,7 | 4,7 | 2,1 | 0,7 | 5 | 2,8 |
| 2-3 | 0,75 | 4,7 | 2,4 | 0,8 | 5 | 2,8 |
| 3-4 | 0,65 | 5,4 | 2,5 | 0,8 | 5,4 | 2,8 |
| 4-5 | 0,7 | 5,5 | 2,8 | 0,75 | 5,8 | 3,1 |
| 5-6 | 0,75 | 5,8 | 3 | 0,75 | 5,9 | 3,2 |
| 6-7 | 0,8 | 6,1 | 3,1 | 0,7 | 5,5 | 3,2 |
| 7-8 | 0,8 | 6 | 3 | 0,8 | 6,2 | 3,3 |
| 8-9 | 0,85 | 6,5 | 3,4 | 0,9 | 6,8 | 3,6 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,8 | 2,3 | 0,75 | 5,4 | 2,9 |
| 2-3 | 0,7 | 4,9 | 2,3 | 0,85 | 5,3 | 3 |
| 3-4 | 0,75 | 5,5 | 2,6 | 0,8 | 5,5 | 2,9 |
| 4-5 | 0,75 | 5,6 | 2,8 | 0,75 | 6 | 3,3 |
| 5-6 | 0,8 | 6 | 2,9 | 0,75 | 6,1 | 3,4 |
| 6-7 | 0,8 | 6,1 | 3,1 | 0,75 | 5,8 | 3,3 |
| 7-8 | 0,75 | 6 | 3 | 0,8 | 6,4 | 3,4 |
| 8-9 | 0,9 | 6,3 | 3,4 | 0,85 | 6,9 | 3,7 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 5 | 2,2 | 0,7 | 5,4 | 2,8 |
| 2-3 | 0,7 | 4,8 | 2,3 | 0,75 | 5,1 | 2,85 |
| 3-4 | 0,75 | 5,6 | 2,5 | 0,8 | 4,9 | 2,8 |
| 4-5 | 0,8 | 5,8 | 2,8 | 0,75 | 6 | 3,2 |
| 5-6 | 0,75 | 6 | 3 | 0,8 | 6,2 | 3,2 |
| 6-7 | 0,75 | 6,2 | 3,1 | 0,75 | 5,7 | 3 |
| 7-8 | 0,8 | 6,1 | 3 | 0,8 | 6,4 | 3,2 |
| 8-9 | 0,8 | 6,5 | 3,3 | 0,9 | 7 | 3,6 |

Lanjutan lampiran 4

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,65 | 4,7 | 2,2 | 0,7 | 5,5 | 3 |
| 2-3 | 0,7 | 4,9 | 2,3 | 0,8 | 5,3 | 3,1 |
| 3-4 | 0,8 | 5,4 | 2,6 | 0,7 | 5,2 | 2,8 |
| 4-5 | 0,8 | 5,7 | 2,8 | 0,75 | 6,1 | 3,3 |
| 5-6 | 0,75 | 6 | 2,9 | 0,75 | 6,2 | 3,2 |
| 6-7 | 0,8 | 6,2 | 3,1 | 0,8 | 5,6 | 3,2 |
| 7-8 | 0,75 | 6 | 3 | 0,75 | 6,5 | 3,3 |
| 8-9 | 0,85 | 6,4 | 3,2 | 0,9 | 7 | 3,6 |

Lampiran 5

Data beda potensial pasir dengan pengotor kaleng berisi air posisi tidur

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,3 | 2,55 | 1,65 | 0,35 | 2,1 | 1,5 | 0,4 | 2,25 | 2,15 |
| 2-3 | 0,35 | 2,7 | 1,7 | 0,3 | 2,75 | 1,6 | 0,4 | 2,3 | 1,9 |
| 3-4 | 0,3 | 2,4 | 1,55 | 0,1 | 0,56 | 0,52 | 0,45 | 2,25 | 2,2 |
| 4-5 | 0,35 | 2,2 | 1,6 | 0,083 | 0,009 | 0,008 | 0,4 | 2,5 | 2 |
| 5-6 | 0,35 | 2,5 | 1,7 | 0,012 | 0,076 | 0,068 | 0,4 | 2,45 | 2,1 |
| 6-7 | 0,35 | 3,3 | 2 | 0,9 | 4,2 | 3,8 | 0,35 | 2,4 | 2,05 |
| 7-8 | 0,3 | 1,9 | 1,5 | 0,5 | 4,4 | 3,2 | 0,4 | 2,8 | 2,3 |
| 8-9 | 0,4 | 2,7 | 1,8 | 0,35 | 0,9 | 1,2 | 0,45 | 2,5 | 2,2 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,3 | 2,4 | 2 | 0,4 | 2 | 1,75 | 0,4 | 2,25 | 2,15 |
| 2-3 | 0,35 | 3,1 | 2,3 | 0,35 | 2,9 | 2,1 | 0,4 | 2,3 | 1,9 |
| 3-4 | 0,4 | 2,7 | 2,1 | 0,22 | 0,76 | 0,96 | 0,4 | 2,6 | 2,15 |
| 4-5 | 0,4 | 2,2 | 1,9 | 0,02 | 0,16 | 0,16 | 0,35 | 2,4 | 1,95 |
| 5-6 | 0,3 | 2,5 | 2,15 | 0,014 | 0,08 | 0,07 | 0,4 | 2,5 | 2,05 |
| 6-7 | 0,45 | 3,35 | 2,75 | 0,9 | 4 | 3,6 | 0,4 | 2,4 | 2,1 |
| 7-8 | 0,35 | 2,1 | 1,75 | 0,6 | 4,7 | 3,6 | 0,4 | 2,9 | 2,35 |
| 8-9 | 0,45 | 2,75 | 2,3 | 0,35 | 1,1 | 1,8 | 0,35 | 2,5 | 2,2 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2,1 | 1,7 | 0,4 | 2,2 | 1,8 | 0,35 | 2,8 | 2,25 |
| 2-3 | 0,4 | 3 | 2,05 | 0,45 | 3,1 | 2 | 0,4 | 2,5 | 1,9 |
| 3-4 | 0,4 | 2,6 | 1,8 | 0,4 | 1,1 | 1,4 | 0,35 | 2,7 | 2,25 |
| 4-5 | 0,4 | 2,1 | 2,75 | 0,08 | 0,52 | 0,56 | 0,35 | 2,6 | 2,15 |
| 5-6 | 0,4 | 2,4 | 1,85 | 0,02 | 0,085 | 0,06 | 0,4 | 2,4 | 2,1 |
| 6-7 | 0,45 | 3,3 | 2,25 | 1 | 4 | 3,2 | 0,35 | 2,55 | 2,2 |
| 7-8 | 0,35 | 1,8 | 1,6 | 0,6 | 4,4 | 2,8 | 0,4 | 3 | 2,4 |
| 8-9 | 0,45 | 2,55 | 1,9 | 0,35 | 1,2 | 1,35 | 0,35 | 2,65 | 2,25 |

Lanjutan lampiran 5

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2,1 | 1,65 | 0,4 | 2,4 | 1,8 | 0,45 | 2,9 | 2 |
| 2-3 | 0,45 | 3 | 2 | 0,4 | 3 | 1,9 | 0,45 | 2,4 | 1,9 |
| 3-4 | 0,4 | 2,4 | 1,8 | 0,35 | 1,3 | 1,6 | 0,45 | 2,9 | 2,05 |
| 4-5 | 0,4 | 2,1 | 1,7 | 0,06 | 0,64 | 0,68 | 0,4 | 2,7 | 2 |
| 5-6 | 0,4 | 2,35 | 1,85 | 0,025 | 0,09 | 0,07 | 0,4 | 2,6 | 2 |
| 6-7 | 0,4 | 3,3 | 2,2 | 1 | 4 | 3,2 | 0,4 | 2,6 | 1,9 |
| 7-8 | 0,4 | 1,8 | 1,6 | 0,6 | 4,2 | 2,8 | 0,45 | 2,9 | 2,1 |
| 8-9 | 0,45 | 2,55 | 1,9 | 0,35 | 1,3 | 1,4 | 0,4 | 2,65 | 2,05 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2,1 | 1,6 | 0,35 | 2,1 | 1,6 | 0,35 | 2,9 | 2,05 |
| 2-3 | 0,45 | 3 | 2 | 0,4 | 3,05 | 2 | 0,4 | 2,4 | 1,95 |
| 3-4 | 0,4 | 2,5 | 1,75 | 0,35 | 1,4 | 1,5 | 0,45 | 2,85 | 2,1 |
| 4-5 | 0,4 | 2,15 | 1,7 | 0,06 | 0,68 | 0,7 | 0,4 | 2,75 | 2,15 |
| 5-6 | 0,35 | 2,45 | 1,8 | 0,003 | 0,08 | 0,08 | 0,4 | 3,1 | 2,1 |
| 6-7 | 0,4 | 3,25 | 2,25 | 1 | 4 | 3,2 | 0,4 | 2,6 | 2,05 |
| 7-8 | 0,35 | 1,8 | 1,6 | 0,6 | 4,4 | 2,9 | 0,45 | 3 | 2,25 |
| 8-9 | 0,45 | 2,6 | 2 | 0,35 | 1,2 | 1,4 | 0,45 | 2,75 | 2,01 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,3 | 2 | 1,6 | 0,4 | 3,1 | 2,2 |
| 2-3 | 0,4 | 3,1 | 2 | 0,5 | 2,45 | 2 |
| 3-4 | 0,35 | 2,6 | 1,7 | 0,4 | 2,95 | 2,15 |
| 4-5 | 0,4 | 2,1 | 1,65 | 0,35 | 2,8 | 2,1 |
| 5-6 | 0,35 | 2,4 | 1,8 | 0,35 | 2,75 | 2,2 |
| 6-7 | 0,4 | 3,25 | 2,2 | 0,35 | 2,7 | 2,1 |
| 7-8 | 0,35 | 1,8 | 1,55 | 0,4 | 3 | 2,3 |
| 8-9 | 0,4 | 2,6 | 1,9 | 0,4 | 2,9 | 2,2 |

Lanjutan lampiran 5

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2 | 1,6 | 0,4 | 3,25 | 2,3 |
| 2-3 | 0,4 | 3,3 | 2,05 | 0,4 | 2,6 | 2 |
| 3-4 | 0,35 | 2,4 | 1,7 | 0,35 | 2,9 | 2,05 |
| 4-5 | 0,35 | 2,1 | 1,65 | 0,35 | 2,8 | 2,1 |
| 5-6 | 0,3 | 2,4 | 1,8 | 0,4 | 2,7 | 2,1 |
| 6-7 | 0,4 | 3,25 | 2,3 | 0,35 | 2,7 | 2,1 |
| 7-8 | 0,3 | 1,9 | 1,5 | 0,35 | 3 | 2,3 |
| 8-9 | 0,4 | 2,65 | 1,9 | 0,4 | 2,8 | 2,2 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,35 | 2 | 1,5 | 0,35 | 3,1 | 2,3 |
| 2-3 | 0,5 | 3,25 | 2,2 | 0,35 | 2,65 | 2,1 |
| 3-4 | 0,5 | 2,5 | 2 | 0,45 | 2,8 | 2,25 |
| 4-5 | 0,45 | 2,1 | 1,8 | 0,35 | 2,95 | 2,2 |
| 5-6 | 0,4 | 2,4 | 2 | 0,4 | 2,7 | 2,15 |
| 6-7 | 0,5 | 3,25 | 2,4 | 0,4 | 2,75 | 2,2 |
| 7-8 | 0,4 | 1,8 | 1,7 | 0,4 | 3,05 | 2,4 |
| 8-9 | 0,45 | 2,6 | 2,2 | 0,4 | 2,9 | 2,2 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2 | 1,6 | 0,55 | 3,1 | 2,5 |
| 2-3 | 0,55 | 3,1 | 2,3 | 0,45 | 2,6 | 2,2 |
| 3-4 | 0,5 | 2,6 | 2 | 0,55 | 3 | 2,45 |
| 4-5 | 0,45 | 2,1 | 1,8 | 0,5 | 2,8 | 2,4 |
| 5-6 | 0,5 | 2,4 | 2 | 0,55 | 2,8 | 2,4 |
| 6-7 | 0,55 | 3,25 | 2,5 | 0,5 | 2,7 | 2,4 |
| 7-8 | 0,45 | 1,75 | 1,6 | 0,55 | 3 | 2,6 |
| 8-9 | 0,5 | 2,6 | 2,2 | 0,45 | 2,8 | 2,45 |

Lanjutan lampiran 5

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,1 | 1,8 | 0,55 | 3,15 | 2,5 |
| 2-3 | 0,45 | 2,9 | 2,1 | 0,4 | 2,6 | 2,2 |
| 3-4 | 0,45 | 2,5 | 2 | 0,45 | 3 | 2,4 |
| 4-5 | 0,45 | 2 | 1,8 | 0,5 | 2,85 | 2,3 |
| 5-6 | 0,5 | 2,35 | 2 | 0,4 | 2,8 | 2,35 |
| 6-7 | 0,5 | 3,15 | 2,4 | 0,45 | 2,75 | 2,4 |
| 7-8 | 0,35 | 1,75 | 1,65 | 0,5 | 3,1 | 2,5 |
| 8-9 | 0,5 | 2,5 | 2,1 | 0,45 | 2,8 | 2,45 |

Lampiran 6

Data beda potensial pasir dengan pengotor botol aqua kosong

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,28 | 2 | 1,75 | 0,3 | 2 | 1,65 | 0,35 | 2,6 | 2,2 |
| 2-3 | 0,25 | 2,1 | 1,8 | 0,3 | 1,65 | 1,4 | 0,35 | 2,15 | 2,1 |
| 3-4 | 0,3 | 2,3 | 1,85 | 0,38 | 2,35 | 1,95 | 0,4 | 2,35 | 2,05 |
| 4-5 | 0,25 | 2,75 | 2,15 | 0,28 | 1,3 | 1,2 | 0,38 | 2,4 | 2 |
| 5-6 | 0,3 | 2,2 | 1,9 | 0,45 | 3,85 | 3,05 | 0,35 | 2 | 1,9 |
| 6-7 | 0,28 | 2,4 | 1,85 | 0,35 | 2 | 1,65 | 0,38 | 2,7 | 2,35 |
| 7-8 | 0,31 | 2,5 | 1,8 | 0,3 | 2 | 1,75 | 0,4 | 3 | 2,5 |
| 8-9 | 0,3 | 2,4 | 2 | 0,31 | 2,4 | 2 | 0,35 | 2,5 | 2,2 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,25 | 2 | 1,75 | 0,28 | 2,2 | 1,85 | 0,3 | 2,7 | 2,3 |
| 2-3 | 0,28 | 1,85 | 1,65 | 0,25 | 1,7 | 1,5 | 0,28 | 2,25 | 2 |
| 3-4 | 0,31 | 2,25 | 2,1 | 0,31 | 2,55 | 2,15 | 0,3 | 2,7 | 2 |
| 4-5 | 0,25 | 2,45 | 2,15 | 0,25 | 1,5 | 1,4 | 0,3 | 2,4 | 2,15 |
| 5-6 | 0,28 | 2,2 | 2 | 0,45 | 3,9 | 3,3 | 0,28 | 2 | 1,75 |
| 6-7 | 0,3 | 2,4 | 2,2 | 0,3 | 2 | 1,8 | 0,35 | 2,8 | 2,65 |
| 7-8 | 0,25 | 2,75 | 2,35 | 0,3 | 2,05 | 1,8 | 0,3 | 3,15 | 2,75 |
| 8-9 | 0,28 | 2,3 | 2,05 | 0,28 | 2,35 | 2 | 0,3 | 2,5 | 2,35 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,25 | 2,25 | 1,85 | 0,3 | 1,95 | 2 | 0,3 | 2,6 | 2,23 |
| 2-3 | 0,28 | 2 | 1,8 | 0,25 | 2 | 1,85 | 0,85 | 2,35 | 2,1 |
| 3-4 | 0,3 | 2,3 | 2,1 | 0,3 | 2,65 | 2,4 | 0,3 | 2,5 | 2,25 |
| 4-5 | 0,25 | 2,55 | 2,25 | 0,2 | 1,5 | 1,6 | 0,3 | 2,4 | 2,2 |
| 5-6 | 0,28 | 2,25 | 2 | 0,25 | 4,1 | 3,7 | 0,28 | 2 | 1,9 |
| 6-7 | 0,3 | 2,5 | 2,3 | 0,3 | 2,05 | 2,4 | 0,35 | 2,85 | 2,65 |
| 7-8 | 0,3 | 2,7 | 2,4 | 0,3 | 2,1 | 2 | 0,3 | 3,15 | 2,9 |
| 8-9 | 0,28 | 2,4 | 2,15 | 0,25 | 2,4 | 2,25 | 0,3 | 2,45 | 2,35 |

Lanjutan lampiran 6

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,28 | 2,15 | 1,8 | 0,28 | 2,35 | 2 | 0,3 | 2,7 | 2,4 |
| 2-3 | 0,28 | 1,95 | 1,85 | 0,25 | 1,7 | 1,65 | 0,28 | 2,35 | 2,15 |
| 3-4 | 0,3 | 2,35 | 2,15 | 0,3 | 2,75 | 2,5 | 0,3 | 2,5 | 2,3 |
| 4-5 | 0,25 | 2,55 | 2,2 | 0,2 | 1,4 | 1,6 | 0,31 | 2,45 | 2,35 |
| 5-6 | 0,28 | 2,15 | 1,95 | 0,2 | 4 | 3,8 | 0,3 | 2 | 1,95 |
| 6-7 | 0,25 | 2,45 | 2,2 | 0,28 | 2,15 | 1,95 | 0,35 | 3 | 2,7 |
| 7-8 | 0,3 | 2,75 | 2,5 | 0,3 | 2,1 | 2 | 0,35 | 3,2 | 3 |
| 8-9 | 0,25 | 2,35 | 2,15 | 0,3 | 2,3 | 2,15 | 0,3 | 2,5 | 2,45 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,3 | 2,25 | 1,85 | 0,3 | 2,5 | 2,15 | 0,35 | 2,15 | 2,2 |
| 2-3 | 0,28 | 1,95 | 1,3 | 0,28 | 1,7 | 1,8 | 0,4 | 2,35 | 2,5 |
| 3-4 | 0,3 | 2,35 | 2,2 | 0,35 | 2,55 | 2,4 | 0,38 | 2,25 | 2,3 |
| 4-5 | 0,25 | 2,5 | 2,25 | 0,2 | 1,55 | 1,5 | 0,3 | 2,3 | 2,35 |
| 5-6 | 0,28 | 2,1 | 2 | 0,4 | 4 | 3,8 | 0,35 | 1,9 | 2,1 |
| 6-7 | 0,25 | 2,45 | 2,3 | 0,3 | 2,1 | 2 | 0,45 | 2,6 | 2,9 |
| 7-8 | 0,28 | 2,7 | 2,5 | 0,28 | 2,05 | 2 | 0,4 | 3,1 | 3,3 |
| 8-9 | 0,3 | 2,3 | 2,2 | 0,31 | 2,25 | 2,2 | 0,35 | 2,45 | 2,5 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,28 | 2,2 | 1,8 | 0,37 | 2,4 | 2,22 |
| 2-3 | 0,25 | 2 | 1,95 | 0,4 | 2,1 | 1,97 |
| 3-4 | 0,28 | 2,4 | 2,3 | 0,37 | 2,17 | 2,12 |
| 4-5 | 0,25 | 2,7 | 2,35 | 0,35 | 2,2 | 2,2 |
| 5-6 | 0,25 | 2,45 | 2,25 | 0,4 | 1,82 | 1,92 |
| 6-7 | 0,3 | 2,5 | 2,25 | 0,42 | 2,6 | 2,6 |
| 7-8 | 0,28 | 2,8 | 2,45 | 0,32 | 3,1 | 3 |
| 8-9 | 0,28 | 2,35 | 2,25 | 0,31 | 2,4 | 2,2 |

Lanjutan lampiran 6

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,28 | 2,2 | 2 | 0,35 | 2,5 | 2,4 |
| 2-3 | 0,3 | 2 | 1,8 | 0,35 | 2,1 | 2,35 |
| 3-4 | 0,31 | 2,4 | 2,35 | 0,3 | 2,25 | 2,2 |
| 4-5 | 0,28 | 2,7 | 2,5 | 0,35 | 2,4 | 2,45 |
| 5-6 | 0,3 | 2,35 | 2,25 | 0,28 | 1,6 | 2 |
| 6-7 | 0,3 | 2,5 | 2,4 | 0,38 | 4,6 | 4,9 |
| 7-8 | 0,28 | 2,7 | 2,35 | 0,35 | 3,1 | 3,15 |
| 8-9 | 0,3 | 2,5 | 2,4 | 0,31 | 2,3 | 2,4 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,28 | 2,15 | 1,9 | 0,35 | 2,5 | 2,35 |
| 2-3 | 0,3 | 1,85 | 1,95 | 0,35 | 2,4 | 2,2 |
| 3-4 | 0,3 | 2,5 | 2,4 | 0,35 | 2,3 | 2,45 |
| 4-5 | 0,25 | 2,5 | 2,45 | 0,3 | 2,7 | 2,5 |
| 5-6 | 0,28 | 2,35 | 2,3 | 0,35 | 1,95 | 2,05 |
| 6-7 | 0,3 | 2,55 | 2,5 | 0,3 | 2,7 | 2,8 |
| 7-8 | 0,3 | 2,8 | 2,75 | 0,35 | 3,15 | 3,2 |
| 8-9 | 0,28 | 2,65 | 2,5 | 0,31 | 2,5 | 2,45 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,33 | 2,15 | 2,05 | 0,3 | 2,25 | 2,3 |
| 2-3 | 0,28 | 1,9 | 2 | 0,28 | 2,3 | 2,35 |
| 3-4 | 0,3 | 2,55 | 2,4 | 0,31 | 2,3 | 2,4 |
| 4-5 | 0,25 | 2,6 | 2 | 0,35 | 2,45 | 2,4 |
| 5-6 | 0,25 | 2,3 | 2,25 | 0,28 | 2 | 2,15 |
| 6-7 | 0,3 | 2,45 | 2,5 | 0,35 | 2,75 | 2,85 |
| 7-8 | 0,28 | 2,65 | 2,7 | 0,38 | 3,2 | 3,25 |
| 8-9 | 0,25 | 2,45 | 2,4 | 0,3 | 2,35 | 2,45 |

Lanjutan lampiran 6

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,25 | 2,2 | 2 | 0,3 | 2,3 | 2,25 |
| 2-3 | 0,28 | 2,8 | 1,35 | 0,35 | 2,35 | 1,3 |
| 3-4 | 0,28 | 1,5 | 2,45 | 0,18 | 2,45 | 2,4 |
| 4-5 | 0,25 | 2,5 | 2,4 | 0,28 | 2,35 | 2,4 |
| 5-6 | 0,3 | 2,3 | 2,34 | 0,3 | 2 | 2,05 |
| 6-7 | 0,3 | 2,4 | 2,5 | 0,3 | 2,75 | 3,1 |
| 7-8 | 0,28 | 2,75 | 2,8 | 0,38 | 3,2 | 3,25 |
| 8-9 | 0,3 | 2,4 | 2,5 | 0,3 | 2,3 | 2,4 |

Lampiran 7

Data beda potensial pasir dengan pengotor botol aqua berisi air

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,42 | 2,4 | 1,55 | 0,4 | 2,1 | 1,4 | 0,4 | 1,95 | 1,3 |
| 2-3 | 0,4 | 2,2 | 1,6 | 0,45 | 2,6 | 1,55 | 0,45 | 2,15 | 1,5 |
| 3-4 | 0,48 | 2,3 | 1,6 | 0,45 | 1,8 | 1,4 | 0,48 | 2,5 | 1,7 |
| 4-5 | 0,44 | 1,9 | 1,28 | 0,4 | 2,25 | 1,75 | 0,38 | 1,6 | 1,2 |
| 5-6 | 0,46 | 1,8 | 1,3 | 0,45 | 2,3 | 1,6 | 0,55 | 3 | 2 |
| 6-7 | 0,55 | 1,06 | 1,8 | 0,48 | 2,3 | 1,7 | 0,45 | 1,9 | 1,4 |
| 7-8 | 0,5 | 2,15 | 1,3 | 0,45 | 2 | 1,5 | 0,45 | 1,6 | 1,3 |
| 8-9 | 0,6 | 2,2 | 1,7 | 0,45 | 1,6 | 1,3 | 0,55 | 1,95 | 1,55 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,45 | 1,6 | 0,4 | 2,2 | 1,5 | 0,4 | 1,8 | 1,2 |
| 2-3 | 0,4 | 2,25 | 1,55 | 0,45 | 2,45 | 1,55 | 0,45 | 2,1 | 1,45 |
| 3-4 | 0,45 | 2,35 | 1,55 | 0,45 | 1,9 | 1,4 | 0,5 | 2,35 | 1,65 |
| 4-5 | 0,45 | 1,85 | 1,3 | 0,4 | 2,15 | 1,6 | 0,4 | 1,6 | 1,25 |
| 5-6 | 0,45 | 1,8 | 1,35 | 0,48 | 2,25 | 1,7 | 0,6 | 3,1 | 2,1 |
| 6-7 | 0,5 | 2,6 | 1,9 | 0,48 | 2,4 | 1,7 | 0,48 | 1,9 | 1,4 |
| 7-8 | 0,48 | 1,75 | 1,35 | 0,48 | 1,95 | 1,5 | 0,45 | 1,55 | 1,25 |
| 8-9 | 0,55 | 2,2 | 1,7 | 0,5 | 1,65 | 1,3 | 0,55 | 1,95 | 1,6 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,4 | 1,65 | 0,4 | 2,05 | 1,3 | 0,4 | 1,8 | 1,3 |
| 2-3 | 0,45 | 2,6 | 1,7 | 0,4 | 2,4 | 1,6 | 0,45 | 2,25 | 1,65 |
| 3-4 | 0,45 | 2,25 | 1,7 | 0,4 | 1,95 | 1,45 | 0,5 | 2,4 | 1,7 |
| 4-5 | 0,4 | 1,9 | 1,35 | 0,4 | 2,45 | 1,65 | 0,45 | 1,6 | 1,3 |
| 5-6 | 0,45 | 1,8 | 1,4 | 0,5 | 2,4 | 1,8 | 0,6 | 3,2 | 2,3 |
| 6-7 | 0,55 | 2,65 | 1,95 | 0,5 | 2,5 | 1,8 | 0,48 | 1,95 | 1,55 |
| 7-8 | 0,45 | 1,7 | 1,35 | 0,48 | 2 | 1,55 | 0,45 | 1,6 | 1,4 |
| 8-9 | 0,6 | 2,2 | 1,65 | 0,48 | 1,7 | 1,35 | 0,6 | 1,95 | 1,7 |

Lanjutan lampiran 7

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,2 | 1,6 | 0,4 | 2 | 1,35 | 0,4 | 1,6 | 1,35 |
| 2-3 | 0,4 | 2,6 | 1,75 | 0,45 | 2,5 | 1,6 | 0,48 | 2,35 | 1,7 |
| 3-4 | 0,4 | 2,4 | 1,7 | 0,45 | 2 | 1,5 | 0,5 | 2,45 | 1,75 |
| 4-5 | 0,4 | 1,9 | 1,4 | 0,45 | 2,4 | 1,7 | 0,48 | 1,7 | 1,4 |
| 5-6 | 0,4 | 1,85 | 1,45 | 0,5 | 2,4 | 1,9 | 0,6 | 3,15 | 2,35 |
| 6-7 | 0,55 | 2,7 | 2 | 0,5 | 2,5 | 1,9 | 0,5 | 2 | 1,6 |
| 7-8 | 0,45 | 1,7 | 1,4 | 0,45 | 1,95 | 1,65 | 0,48 | 1,6 | 1,4 |
| 8-9 | 0,53 | 2,25 | 1,8 | 0,5 | 1,65 | 1,4 | 0,6 | 2 | 1,75 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,35 | 1,65 | 0,4 | 1,6 | 1,3 | 0,45 | 1,7 | 1,35 |
| 2-3 | 0,45 | 2,7 | 1,8 | 0,4 | 2,5 | 1,85 | 0,45 | 2,2 | 1,7 |
| 3-4 | 0,45 | 2,4 | 1,8 | 0,45 | 2 | 1,6 | 0,48 | 2,5 | 1,85 |
| 4-5 | 0,4 | 1,9 | 1,45 | 0,4 | 2,4 | 1,7 | 0,4 | 1,65 | 1,45 |
| 5-6 | 0,4 | 1,8 | 1,5 | 0,8 | 2,4 | 1,95 | 0,6 | 3,25 | 2,5 |
| 6-7 | 0,55 | 2,75 | 2,1 | 0,48 | 2,45 | 2 | 0,5 | 2 | 1,7 |
| 7-8 | 0,45 | 1,7 | 1,5 | 0,48 | 2 | 1,7 | 0,48 | 1,6 | 1,5 |
| 8-9 | 0,85 | 2,25 | 1,9 | 0,51 | 1,65 | 1,5 | 0,6 | 2 | 1,85 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,45 | 2 | 1,65 | 0,5 | 1,6 | 1,4 |
| 2-3 | 0,45 | 2,7 | 2,1 | 0,5 | 2,25 | 1,9 |
| 3-4 | 0,48 | 2,5 | 2 | 0,5 | 2,5 | 2 |
| 4-5 | 0,4 | 1,95 | 1,65 | 0,48 | 1,7 | 1,6 |
| 5-6 | 0,48 | 1,85 | 1,6 | 0,65 | 3,2 | 2,65 |
| 6-7 | 0,6 | 2,8 | 2,4 | 0,55 | 2 | 1,8 |
| 7-8 | 0,5 | 1,7 | 1,6 | 0,5 | 1,6 | 1,55 |
| 8-9 | 0,6 | 2,25 | 2 | 0,65 | 2 | 1,9 |

Lanjutan lampiran 7

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2,1 | 1,65 | 0,45 | 1,5 | 1,3 |
| 2-3 | 0,45 | 3 | 2,05 | 0,55 | 2,55 | 2 |
| 3-4 | 0,48 | 2,7 | 2 | 0,55 | 2,8 | 2,5 |
| 4-5 | 0,5 | 2,2 | 1,75 | 0,5 | 1,85 | 1,6 |
| 5-6 | 0,48 | 2 | 1,7 | 0,6 | 3,4 | 2,7 |
| 6-7 | 0,6 | 2,85 | 2,4 | 0,55 | 2,15 | 1,8 |
| 7-8 | 0,55 | 1,8 | 1,65 | 0,5 | 1,7 | 1,6 |
| 8-9 | 0,65 | 2,25 | 2,1 | 0,6 | 2,2 | 2 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 2 | 1,65 | 0,45 | 1,55 | 1,4 |
| 2-3 | 0,45 | 2,85 | 2,25 | 0,5 | 2,45 | 2 |
| 3-4 | 0,48 | 2,45 | 2 | 0,6 | 2,75 | 2,1 |
| 4-5 | 0,45 | 2 | 1,7 | 0,55 | 1,75 | 1,7 |
| 5-6 | 0,48 | 1,8 | 1,7 | 0,65 | 3,3 | 2,85 |
| 6-7 | 0,65 | 2,7 | 2,3 | 0,55 | 2,05 | 1,95 |
| 7-8 | 0,55 | 1,7 | 1,65 | 0,5 | 1,65 | 1,65 |
| 8-9 | 0,65 | 2,2 | 2,1 | 0,65 | 2,85 | 2,1 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 1,7 | 1,65 | 0,5 | 1,35 | 1,3 |
| 2-3 | 0,45 | 2,5 | 2,1 | 0,55 | 2,4 | 2,05 |
| 3-4 | 0,48 | 2,5 | 2,1 | 0,6 | 2,7 | 2,2 |
| 4-5 | 0,48 | 2,05 | 1,8 | 0,5 | 1,75 | 1,7 |
| 5-6 | 0,5 | 1,8 | 1,8 | 0,65 | 3,25 | 2,8 |
| 6-7 | 0,65 | 2,7 | 2,5 | 0,55 | 2,05 | 1,9 |
| 7-8 | 0,55 | 1,75 | 1,8 | 0,55 | 1,65 | 1,6 |
| 8-9 | 0,55 | 2,25 | 2,3 | 0,65 | 2,05 | 2,1 |

Lanjutan lampiran 7

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,4 | 1,65 | 1,5 | 0,48 | 1,55 | 1,35 |
| 2-3 | 0,4 | 2,65 | 2,2 | 0,55 | 2,4 | 2,25 |
| 3-4 | 0,48 | 2,55 | 2,2 | 0,55 | 2,75 | 2,4 |
| 4-5 | 0,48 | 2 | 1,8 | 0,5 | 1,7 | 1,7 |
| 5-6 | 0,5 | 1,85 | 1,8 | 0,6 | 3,25 | 2,8 |
| 6-7 | 0,6 | 2,8 | 2,55 | 0,5 | 2 | 1,95 |
| 7-8 | 0,55 | 1,7 | 1,75 | 0,55 | 1,65 | 1,7 |
| 8-9 | 0,65 | 2,3 | 2,3 | 0,6 | 2,15 | 2,2 |

Lampiran 8

Data beda potensial pasir dengan pengotor besi batangan

a. Jarak elektroda arus 2 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,48 | 3,1 | 1,6 | 0,6 | 3,4 | 1,7 | 0,6 | 3,8 | 2 |
| 2-3 | 0,55 | 3,3 | 1,55 | 0,65 | 3,5 | 1,8 | 0,35 | 3 | 1,7 |
| 3-4 | 0,5 | 3,45 | 1,7 | 0,55 | 3,5 | 1,35 | 0,65 | 3,8 | 2,1 |
| 4-5 | 0,6 | 3,75 | 1,75 | 0,5 | 4 | 2,1 | 0,6 | 3,8 | 2,1 |
| 5-6 | 0,55 | 4 | 2 | 0,6 | 4,3 | 2,4 | 0,6 | 4 | 2,2 |
| 6-7 | 0,85 | 4,6 | 2,75 | 0,7 | 4,6 | 2,6 | 0,65 | 4,3 | 2,4 |
| 7-8 | 0,8 | 4,5 | 2,6 | 0,8 | 4,6 | 2,8 | 0,8 | 4,7 | 2,9 |
| 8-9 | 0,8 | 4,7 | 2,8 | 0,85 | 4,8 | 3 | 1 | 4,8 | 3,2 |

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,5 | 3,3 | 1,7 | 0,6 | 3,1 | 1,8 | 0,6 | 3,3 | 1,9 |
| 2-3 | 0,55 | 3,3 | 2 | 0,6 | 4 | 2,2 | 0,55 | 27,5 | 1,7 |
| 3-4 | 0,4 | 2 | 1,9 | 0,55 | 3,6 | 2 | 0,65 | 3,5 | 2 |
| 4-5 | 0,55 | 3,5 | 2,15 | 0,55 | 4,3 | 2,4 | 0,65 | 37,5 | 2,1 |
| 5-6 | 0,6 | 3,8 | 2,4 | 0,6 | 4,5 | 2,7 | 0,7 | 4 | 2,4 |
| 6-7 | 0,8 | 5,2 | 3,2 | 0,65 | 5 | 2,8 | 0,6 | 4,4 | 2,6 |
| 7-8 | 0,8 | 5 | 3,3 | 0,8 | 5 | 3,2 | 0,8 | 4,7 | 3 |
| 8-9 | 0,9 | 5 | 3,5 | 0,85 | 4,9 | 3,5 | 1,1 | 4,8 | 3,4 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,6 | 2 | 1,6 | 0,55 | 2,6 | 2 | 0,6 | 2,2 | 2,55 |
| 2-3 | 0,65 | 3,4 | 2,4 | 0,6 | 3,4 | 2,5 | 0,65 | 2,9 | 2,2 |
| 3-4 | 0,6 | 3,4 | 2,5 | 0,55 | 3,6 | 2,7 | 0,6 | 3,5 | 2,7 |
| 4-5 | 0,55 | 3,6 | 2,7 | 0,6 | 4,2 | 3 | 0,55 | 3,85 | 3,1 |
| 5-6 | 0,6 | 3,9 | 3,1 | 0,8 | 4,4 | 3,6 | 0,6 | 4,1 | 3,4 |
| 6-7 | 0,8 | 4,6 | 3,8 | 0,8 | 4,6 | 3,9 | 0,65 | 4,2 | 3,6 |
| 7-8 | 0,7 | 4,7 | 3,7 | 0,9 | 4,6 | 4 | 0,8 | 4,9 | 4,4 |
| 8-9 | 0,9 | 4,9 | 3,9 | 1 | 4,9 | 4,4 | 1 | 5 | 4,9 |

Lanjutan lampiran 8

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,5 | 1,7 | 1,6 | 0,6 | 3 | 2,3 | 0,6 | 3,2 | 2,6 |
| 2-3 | 0,55 | 3,2 | 2,7 | 0,65 | 3,6 | 2,8 | 0,5 | 2,6 | 2,9 |
| 3-4 | 0,6 | 3,2 | 3 | 0,55 | 3,7 | 2,7 | 0,6 | 3,4 | 3 |
| 4-5 | 0,6 | 3,3 | 3,1 | 0,6 | 3,8 | 3,2 | 0,35 | 3,8 | 3,2 |
| 5-6 | 0,58 | 3,6 | 3,4 | 0,65 | 4,2 | 3,5 | 0,6 | 4 | 3,4 |
| 6-7 | 0,8 | 4,5 | 4,6 | 0,7 | 4,4 | 3,6 | 0,65 | 4,3 | 4 |
| 7-8 | 0,8 | 4,5 | 4,2 | 0,8 | 4,6 | 4,1 | 0,9 | 4,7 | 4,2 |
| 8-9 | 0,9 | 4,7 | 4,5 | 1 | 4,7 | 4,7 | 1,1 | 5,1 | 4,6 |

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | II | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,55 | 1,7 | 1,6 | 0,55 | 2,2 | 1,8 | 0,6 | 3,2 | 2,5 |
| 2-3 | 0,6 | 3,6 | 3,1 | 0,6 | 3,2 | 2,6 | 0,55 | 2,6 | 2,1 |
| 3-4 | 0,6 | 3,4 | 3 | 0,55 | 3,5 | 2,8 | 0,6 | 3,4 | 2,7 |
| 4-5 | 0,55 | 3,6 | 2,9 | 0,58 | 4,2 | 3,1 | 0,65 | 4 | 3 |
| 5-6 | 0,6 | 3,7 | 3 | 0,8 | 4,4 | 3,5 | 0,6 | 4,2 | 3,1 |
| 6-7 | 0,8 | 4,6 | 4 | 0,7 | 4,5 | 3,6 | 0,7 | 4,6 | 3,6 |
| 7-8 | 0,8 | 4,6 | 4 | 0,8 | 4,7 | 4,1 | 0,9 | 5 | 4 |
| 8-9 | 0,9 | 4,7 | 4,2 | 1 | 5 | 4,5 | 1,1 | 5,1 | 4,5 |

b. Jarak elektroda arus 16 cm

Pengulangan ke-1

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,6 | 2,5 | 1,9 | 0,7 | 3,5 | 2,8 |
| 2-3 | 0,65 | 3,8 | 2,8 | 0,7 | 3 | 2,6 |
| 3-4 | 0,65 | 4 | 2,8 | 0,8 | 4 | 3 |
| 4-5 | 0,65 | 4 | 3,2 | 0,7 | 4 | 3,3 |
| 5-6 | 0,78 | 4 | 3,4 | 0,8 | 4,2 | 3,4 |
| 6-7 | 0,8 | 4,7 | 4,1 | 0,75 | 4,5 | 3,9 |
| 7-8 | 0,9 | 4,6 | 4,1 | 0,9 | 4,8 | 4,2 |
| 8-9 | 0,9 | 5 | 4,4 | 1 | 4 | 4,6 |

Lanjutan lampiran 8

Pengulangan ke-2

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,6 | 1,6 | 1,4 | 0,7 | 3 | 2,4 |
| 2-3 | 0,6 | 3,6 | 2,5 | 0,7 | 3,4 | 2,6 |
| 3-4 | 0,65 | 3,8 | 2,7 | 0,65 | 3,6 | 2,6 |
| 4-5 | 0,58 | 3,6 | 2,7 | 0,7 | 4 | 2,8 |
| 5-6 | 0,6 | 4 | 2,8 | 0,7 | 4,2 | 3,2 |
| 6-7 | 0,9 | 5 | 2,8 | 0,8 | 4,5 | 3,6 |
| 7-8 | 0,8 | 4,8 | 3,9 | 0,85 | 4,9 | 4,1 |
| 8-9 | 0,9 | 5 | 4,2 | 1,1 | 5 | 4,6 |

Pengulangan ke-3

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,6 | 2 | 1,4 | 0,7 | 3 | 2,4 |
| 2-3 | 0,65 | 3,6 | 2,6 | 0,65 | 3,2 | 2,2 |
| 3-4 | 0,7 | 3,7 | 2,8 | 0,7 | 3,6 | 2,8 |
| 4-5 | 0,7 | 3,6 | 2,7 | 0,7 | 4 | 2,9 |
| 5-6 | 0,6 | 4, | 2,9 | 0,7 | 4,2 | 3,2 |
| 6-7 | 0,8 | 4,8 | 3,8 | 0,8 | 4,5 | 3,6 |
| 7-8 | 0,85 | 4,8 | 3,85 | 0,9 | 5 | 4,1 |
| 8-9 | 0,9 | 5 | 4,1 | 1,1 | 5,2 | 4,5 |

Pengulangan ke-4

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,6 | 1,6 | 1,4 | 0,8 | 3 | 2,2 |
| 2-3 | 0,65 | 3,6 | 2,6 | 0,7 | 2,5 | 2,1 |
| 3-4 | 0,6 | 3,6 | 2,7 | 0,78 | 3,7 | 2,8 |
| 4-5 | 0,6 | 3,7 | 2,6 | 0,8 | 4 | 3 |
| 5-6 | 0,8 | 3,8 | 3 | 0,8 | 4,3 | 3,5 |
| 6-7 | 0,65 | 5,1 | 3,6 | 0,78 | 4,6 | 3,6 |
| 7-8 | 0,7 | 4,7 | 3,8 | 0,9 | 5 | 4,3 |
| 8-9 | 0,85 | 4,9 | 4,3 | 1,1 | 5,1 | 4,5 |

Lanjutan lampiran 8

Pengulangan ke-5

| Pasangan elektroda | Borehole ke- | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|
| | I | | | III | | |
| | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) | Kotak (volt) | Noise (volt) | Kotak + (volt) |
| 1-2 | 0,55 | 1,6 | 1,4 | 0,7 | 3,2 | 2,4 |
| 2-3 | 0,6 | 4,4 | 2,7 | 0,8 | 3 | 2,6 |
| 3-4 | 0,7 | 4,3 | 2,9 | 0,85 | 3,8 | 2,8 |
| 4-5 | 0,75 | 4,4 | 3 | 0,9 | 4,7 | 3,1 |
| 5-6 | 0,7 | 4,3 | 3,1 | 0,7 | 4,3 | 3,4 |
| 6-7 | 0,75 | 5,8 | 3,8 | 0,8 | 4,4 | 3,8 |
| 7-8 | 0,8 | 4,6 | 3,7 | 0,8 | 4,6 | 4,4 |
| 8-9 | 0,9 | 5 | 4,2 | 1,1 | 4,9 | 4,8 |

Lampiran 9

Listing program pengolahan data dalam MATLAB :

```

NOISE1=20* [.....];NOISE1=NOISE1';
KOTAK1=20* [.....];KOTAK1=KOTAK1';
KOTAKP1=20* [.....];KOTAKP1=KOTAKP1';
NOISE2=20* [.....];NOISE2=NOISE2';
KOTAK2=20* [.....];KOTAK2=KOTAK2';
KOTAKP2=20* [.....];KOTAKP2=KOTAKP2';
NOISE3=20* [.....];NOISE3=NOISE3';
KOTAK3=20* [.....];KOTAK3=KOTAK3';
KOTAKP3=20* [.....];KOTAKP3=KOTAKP3';
NOISE4=20* [.....];NOISE4=NOISE4';
KOTAK4=20* [.....];KOTAK4=KOTAK4';
KOTAKP4=20* [.....];KOTAKP4=KOTAKP4';
NOISE5=20* [.....];NOISE5=NOISE5';
KOTAK5=20* [.....];KOTAK5=KOTAK5';
KOTAKP5=20* [.....];KOTAKP5=KOTAKP5';

NOISE=(NOISE1+NOISE2+NOISE3+NOISE4+NOISE5)/5
KOTAK=(KOTAK1+KOTAK2+KOTAK3+KOTAK4+KOTAK5)/5
KOTAKP=(KOTAKP1+KOTAKP2+KOTAKP3+KOTAKP4+KOTAKP5)/5

x=[0 16 36 56 72]; y=linspace(0,40,8);
[X,Y]=meshgrid(x,y);
xi=linspace(0,72,100); yi=linspace(0,40,100);
[XI,YI]=meshgrid(xi,yi);
ZIN = interp2(X,Y,NOISE,XI,YI,'spline');
ZIK = interp2(X,Y,KOTAK,XI,YI,'spline');
ZIKP = interp2(X,Y,KOTAKP,XI,YI,'spline');
[M,N]=size(ZIN);rdh1=min(min(ZIN));
tgg1=max(max(ZIN));nmin=ZIN-rdh1;
tgg1=tgg1*ones(M,N);nmin=nmin./tgg1;
[M,N]=size(ZIK);rdh2=min(min(ZIK));
tgg2=max(max(ZIK));kmin=ZIK-rdh2;
tgg2=tgg2*ones(M,N);kmin=kmin./tgg2;
[M,N]=size(ZIKP);rdh3=min(min(ZIKP));
tgg3=max(max(ZIKP));kpmin=ZIKP-rdh3;
tgg3=tgg3*ones(M,N);kpmin=kpmin./tgg3;
subplot(2,2,1);contourf(XI,YI,nmin,5);colorbar;
title('(a)'); xlabel('panjang');ylabel('kedalaman')
subplot(2,2,2);contourf(XI,YI,kmin,5);colorbar;
title('(b)'); xlabel('panjang');ylabel('kedalaman')
subplot(2,2,3);contourf(XI,YI,kpmin,5);colorbar;
title('(c)'); xlabel('panjang');ylabel('kedalaman')

ket: [.....]:diisi dengan data beda potensial

```

Lampiran 10

Daftar istilah

| | |
|---------------|--|
| Anoda | : Elektroda yang berpotensi positif |
| Borehole | : Sumuran, lubang pengeboran |
| Dielektrik | : Sifat listrik dari bahan bukan konduktor |
| Dipol | : Suatu sistem yang terdiri dari dua muatan yang besarnya sama tetapi tandanya berlawanan yang dipisahkan oleh jarak tertentu |
| Ekipotensial | : Suatu permukaan dimana pada semua titik di permukaan tersebut mempunyai potensial yang sama |
| Eksplorasi | : Penjelajahan, penyelidikan/penggalian untuk suatu penemuan |
| Elektroda | : Komponen dari alat listrik yang dapat memberikan muatan atau dapat menerima elektron atau pembawa muatan yang lain |
| Glass fibre | : Serat gelas (zat padat yang susunan atom-atomnya tidak teratur) |
| Impedansi | : Suatu ukuran resistansi yang diberikan oleh suatu rangkaian terhadap arus bolak-balik atau resultan dari reaktansi total X dan resistansi. |
| Induktansi | : Suatu ukuran gaya gerak listrik yang dihasilkan di dalam suatu rangkaian sebagai efek dari magnetik dari perubahan arus baik didalam maupun diluar rangkaian |
| Isolator | : Zat yang tidak dapat menghantarkan panas/arus listrik |
| Interpolasi | : Metode untuk mendeskripsikan atau menaksir nilai-nilai diantara titik-titik data yang kurang lengkap |
| Investigasi | : Penyelidikan, penelitian |
| Kapasitansi | : Sifat dari sebuah konduktor atau sistem konduktor untuk menyimpan muatan listrik |
| Katoda | : Elektroda bermuatan negatif |
| Konduktivitas | : Kebalikan dari resistivitas, Perbandingan antara rapat arus dengan medan listrik |
| Konduktor | : Zat yang dapat menghantar panas/arus listrik |