



**ANALISIS PERBANDINGAN KONFIGURASI ELEKTRODA
PADA GEOLISTRIK RESISTIVITAS 2D UNTUK KASUS
RONGGA BAWAH PERMUKAAN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Nurul Novianti

NIM 091810201012

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang serta shalawat senantiasa terhaturkan kepada Nabi Muhammad SAW dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah, Tugas Akhir / Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. kedua orang tua tercinta Ir. Totok Siswidodo dan Faridah Hendrayani, S.Pd, terima kasih atas doa, cinta, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT melimpahkan kasih sayang-Nya;
2. adik tercinta Wida ayu Meilani yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam menyelesaikan Skripsi ini;
3. ibu asuh Mistari yang senantiasa mendoakanku selama ini;
4. sahabat tersayang Bima Setiawan, A.Md., yang selalu memberikan rasa sayang, cinta kasih, doa dan semangat;
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

Allah akan meningkatkan derajat orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang berilmu beberapa derajat”

(Q.s Al-Mujadalah,11*).

“Hidup ini seperti mengendarai sepeda, agar tetap seimbang kau harus tetap bergerak”

(Albert Einstein).

“You can close your eye to the things you don't want to see, but you can't close your heart to the things you don't want to feel”

(Johnny Depp).

^{*)}Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al'Qurandan Terjemahannya*. Bandung : PT SyaamilCipta Media

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Nurul Novianti

NIM : 091810201012

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Perbandingan Konfigurasi Elektroda Pada Geolistrik Resistivitas 2D Untuk Kasus Rongga Bawah Permukaan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Nurul Novianti

091810201012

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KONFIGURASI ELEKTRODA
PADA GEOLISTRIK RESISTIVITAS 2D UNTUK KASUS
RONGGA BAWAH PERMUKAAN**

Oleh

Nurul Novianti

091810201012

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Supriyadi, S.Si., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Perbandingan Konfigurasi Elektroda Pada Geolistrik Resistivitas 2D Untuk Kasus Rongga Bawah Permukaan” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Supriyadi, S.Si., M.Si
NIP. 198204242006041003

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si
NIP. 197003271997022001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si
NIP. 196712151998021001

Ir. Misto, M.Si
NIP. 195911211991031002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas MIPA,

Drs. Sujito, Ph.D
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Analisis Perbandingan Konfigurasi Elektroda pada Geolistrik Resistivitas 2D untuk Kasus Rongga Bawah Permukaan; Nurul Novianti, 091810201012; 2016; 49 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Geolistrik adalah metode yang mempelajari tentang sifat aliran listrik yang berada di dalam bumi melalui nilai potensial dan arus yang terukur di permukaan bumi, salah satunya yaitu metode geolistrik resistivitas. Pada eksplorasi geofisika, metode resistivitas banyak digunakan, dengan memanfaatkan nilai resistivitas yang didapat dari sifat kelistrikan batuan untuk dapat memetakan, menggambarkan atau bahkan mendeteksi berbagai kandungan yang ada di bawah permukaan. Dalam akuisisi data metode geolistrik resistivitas, beberapa konfigurasi elektroda yang sering digunakan adalah konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui sensitivitas konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dalam mendeteksi adanya rongga bawah permukaan. Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium dan dilakukan di laboratorium geofisika FMIPA Universitas Jember. Model bumi berupa bak pasir dengan ukuran $(3 \times 1,6 \times 1) \text{ m}^3$ dengan kedalaman pasir 60 cm. Model rongga berupa pipa dengan diameter 4 cm dan panjang 25 cm. Pengambilan data dilakukan, dengan cara menanam benda uji (pipa) dengan variasi penanaman, yaitu vertikal, horizontal dan melintang tepat di tengah lintasan dengan kedalaman 20 cm. Panjang lintasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 200 cm dengan spasi elektroda 10 cm.

Data yang didapatkan dalam penelitian ini berupa nilai arus (I) dan nilai beda potensial (V) untuk setiap konfigurasi dan setiap variasi penanaman benda uji. Kemudian data I , V dan faktor geometri (K) diolah menjadi nilai hambatan (R) dan

resistivitas semu (ρ_a). Dengan menggunakan *software Res2dinv* didapatkan penampang distribusi resistivitas bawah permukaan untuk setiap lintasan. Homogenitas bak pasir diuji dengan konfigurasi *Wenner* menghasilkan penampang distribusi resistivitas bawah permukaan yang memiliki rentang nilai resistivitas 2,15 Ωm – 606 Ωm yang masih dalam rentang nilai resistivitas tanah pasir. Keberadaan benda uji (pipa) dapat terdeteksi dengan menggunakan konfigurasi *Wenner-Slumberger*. Benda uji (pipa) yang ditanam secara horizontal dapat terdeteksi dengan baik yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas 1280 Ωm tepat pada kedalaman 20 cm dengan posisi di tengah lintasan. Sedangkan benda uji (pipa) yang ditanam secara vertikal dan melintang kurang begitu jelas anomali resistivitas karena nilai resistivitas di sekitarnya juga tinggi. Untuk variasi penanaman secara vertikal, horizontal dan melintang, pada konfigurasi *Wenner* tidak mampu menunjukkan anomali resistivitas. Nilai resistivitas pada lokasi penanaman pipa masih menunjukkan nilai resistivitas 34 Ωm -285 Ωm yang merupakan nilai resistivitas tanah pasir.

PRAKATA

Segala puji milik Allah SWT pengenggam alam semesta, yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Analisis Perbandingan Konfigurasi Elektroda Pada Geolistrik Resistivitas 2d Untuk Kasus Rongga Bawah Permukaan*”, sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan program strata satu (S1) Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Supriyadi, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Nurul Priyantari, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan dalam masa kuliah dan penulisan skripsi ini;
2. Bapak Dr Edy Supriyanto S.Si., M.Si. selaku Penguji I dan Bapak Ir. Misto M.Si. selaku Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan, kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Dr Edy Supriyanto S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian, bimbingan akademik dalam masa kuliah;
6. Bapak dan Ibu dosen – dosen FMIPA UNEJ, dan dosen – dosen fisika khususnya yang telah banyak memberikan ilmu dan pengetahuan, serta membimbing dengan penuh kesabaran;
7. Guru – guru di TK Al-Hidayah Rambigundam , SDN Rambijaya, SMPN 1 Rambipuji serta SMAN Rambipuji yang telah mendidik, dan membimbing dengan penuh kesabaran;
8. Bima, Pingkan, Rara, Helmi, Septian, Vivin, Rosa, Rifki, Sukron, Ifa, dan segenap teman – teman yang membantu dalam penelitian ini, trima kasih untuk dukungan dan kebersamaan di kala suka dan duka;

9. Teman – teman seangkatan 2009, terima kasih atas semangat, bantuan, saran, perhatian, dan kenangan yang telah diberikan;
10. Teman – teman kos, adik Andri, Anggi, Olip, Dea, Puput, Tika, Niken dan seluruh kosan pp72, terima kasih atas saran, kerjasama, bantuan, serta dukungan yang telah diberikan;

Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunannya, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya bidang Geofisika.

Jember, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geofisika	5
2.2 Geolistrik	6
2.3 Sifat Konduktifitas Batuan	6
2.4 Nilai resistivitas	7
2.5 Konfigurasi <i>Wenner</i>	9
2.6 Konfigurasi <i>Wenner - Schlumberger</i>	11

2.7 <i>Res2dinv</i>	12
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Diagram Kerja Penelitian.....	15
3.4 Tahap Pengambilan Data.....	16
3.5 Analisa Data.....	18
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil.....	20
4.1.1 Konfigurasi <i>Wenner</i>	20
4.1.2 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	23
4.2 Pembahasan.....	26
BAB 5. PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ekuipotensial dan Garis Arus Dari Dua Titik Sumber Dipermukaan.....	7
2.2 Konfigurasi <i>Wenner</i>	9
2.3 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	11
3.1 Bak Kayu Berisi Pasir Digunakan Sebagai Media Pengukuran.....	14
3.2 Diagram Kerja Penelitian.....	15
3.3 Desain Rangkaian Alat.....	16
3.4 Susunan Elektroda Konfigurasi <i>Wenner</i>	17
3.5 Susunan Elektroda Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i>	18
4.1 Konfigurasi <i>Wenner</i> Tanpa Benda	21
4.2 Konfigurasi <i>Wenner</i> Posisi Benda Vertikal	21
4.3 Konfigurasi <i>Wenner</i> Posisi Benda Horizontal	22
4.4 Konfigurasi <i>Wenner</i> Posisi Benda Melintang.....	23
4.5 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> Posisi Benda Vertikal.....	24
4.6 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> Posisi Benda Horizontal	25
4.7 Konfigurasi <i>Wenner-Schlumberger</i> Posisi Benda Melintang	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Tabel Pengolahan Data Penelitian Lapang.....	32
A1. Pengolahan data <i>Wenner</i> posisi tanpa benda.....	32
A2. Pengolahan data <i>Wenner</i> posisi benda vertikal	34
A3. Pengolahan data <i>Wenner</i> posisi benda horizontal	36
A4. Pengolahan data <i>Wenner</i> posisi benda melintang	38
B. Tabel Pengolahan Data Penelitian Lapang.....	40
A2. Pengolahan data <i>Wenner-Schlumberger</i> posisi benda vertikal	40
A3. Pengolahan data <i>Wenner-Schlumberger</i> posisi benda horizontal	43
A4. Pengolahan data <i>Wenner-Schlumberger</i> posisi benda melintang.....	46
C. Lampiran Dokumentasi Penelitian	49

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Geofisika adalah salah satu bahasan yang terdapat pada cabang keilmuan geologi (Munir, 1996). Geofisika diartikan sebagai ilmu yang mempelajari bumi menggunakan prinsip-prinsip fisika (Santoso,2002). Secara luas geofisika diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang pembentukan keadaan bumi, lapisan bawah permukaan, termasuk juga meteorologi, atmosfer, dan lain sebagainya (Telford *et al.*,1990). Ilmu geofisika juga sering digunakan untuk eksplorasi. Geofisika memiliki beberapa metode eksplorasi yang sering digunakan, salah satunya adalah geolistrik.

Geolistrik adalah metode yang mempelajari tentang sifat aliran listrik yang berada di dalam bumi melalui nilai potensial dan arus yang terukur di permukaan bumi. Geolistrik merupakan metode geofisika yang cukup kompleks dimana geolistrik sendiri terdiri dari beberapa metode diantaranya, metode potensial diri atau *self potensial* (SP), metode tahanan jenis (resistivitas), dan lain sebagainya. Pada ekplorasi geofisika, metode resistivitas banyak digunakan dengan memanfaatkan nilai resistivitas yang didapat dari sifat kelistrikan batuan untuk dapat memetakan, menggambarkan atau bahkan mendeteksi berbagai kandungan yang ada di bawah permukaan. Metode geolistrik resistivitas digunakan juga untuk mengetahui perubahan resistivitas pada lapisan bawah permukaan sehingga dapat memetakan kondisi bawah permukaan dengan cara menginjeksikan aliran arus bertegangan tinggi ke dalam tanah dengan menggunakan dua elektroda arus (AB) yang didesain dengan jarak atau spasi tertentu untuk dapat mencapai kedalaman tertentu yang diinginkan, dengan cara demikian arus listrik dapat menembus pada lapisan batuan di bawah permukaan, kemudian dua elektroda (MN) yang dihubungkan dengan multimeter, berfungsi untuk mendapatkan data potensial sehingga diketahui nilai resistivitas batuan atau bagian tanah yang sedang dilakukan ekplorasi (Telford,*et al.*,1990). Pada metode geolistrik resistivitas jangkauan yang dapat diukur adalah kedalaman yang

relatif dangkal yaitu hanya sampai pada kedalaman kurang lebih 500m, sehingga metode ini banyak digunakan untuk eksplorasi daerah dangkal (Loke,1999).

Pengambilan data pada metode geolistrik resistivitas memiliki beberapa konfigurasi elektroda yang dapat membantu eksplorasi ataupun penelitian, konfigurasi tersebut bertujuan untuk dapat memudahkan dalam memetakan kondisi bawah permukaan secara horizontal (*mapping*) atau vertikal (*sounding*) dan penggambaran dilihat dengan 1D, 2D dan 3D. Konfigurasi-konfigurasi yang digunakan di dalam geolistrik resistivitas antara lain ada konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Schlumberger*, konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, konfigurasi dipole-dipole, konfigurasi pole-pole, dan lain sebagainya. Setiap konfigurasi, perbedaannya umumnya yang terlihat pada penyusunan spasi elektroda yang ditanamkan ke tanah, sehingga dapat menghasilkan sebuah penggambaran bawah permukaan yang berbeda pula.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan ditujukan untuk mengetahui sensitivitas setiap konfigurasi elektroda dalam memetakan anomali tertentu. Untuk mengetahui sensitivitas konfigurasi elektroda dapat dilakukan melalui pemodelan fisis skala laboratorium, misalkan mendeteksi kebocoran pipa bawah permukaan dan arah rembesan air, mendeteksi akuifer atau air tanah, pemodelan rongga bawah tanah yang dapat menggambarkan adanya suatu akuifer, sungai bawah tanah, goa bawah permukaan, atau hanya celah yang hanya berisi udara karena adanya proses alam tertentu. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Bulkis dan Zubaida (2008), yaitu penelitian pemodelan fisis skala laboratorium tentang “Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk Survei Pipa Bawah Tanah”. Zubaidah dan Bulkis (2008), juga melakukan penelitian pemodelan fisis untuk “Investigasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Konfigurasi Schlumberger”. Subarjo *et al.* (2000), juga melakukan hal yang sama dengan menggunakan konfigurasi *Wenner* pada penelitian “Pengukuran Tahanan Jenis untuk Pencarian Sumber Air Tanah di Cipanas Jawa Barat”. Penelitian tentang “Analisa Perbandingan Konfigurasi Elektroda untuk Mendeteksi Keberadaan Air” pada Skala Laboratorium

juga dilakukan oleh Janah (2014). Zubaidah dan Bulkis (2008) dan Subarjo *et al.* (2000) menggunakan konfigurasi elektroda yang berbeda untuk eksplorasi air tanah, dan Janah (2014) telah menganalisis perbandingan kedua metode untuk kasus eksplorasi air tanah. Oleh karena itu diperlukan kajian sensitivitas konfigurasi elektroda dalam akuisisi data geolistrik untuk kasus yang lain. Pada penelitian ini, penulis ingin melakukan penelitian skala laboratorium dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D dengan konfigurasi *Wenner*, dan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, guna mengetahui sensitivitas konfigurasi elektroda dan mengetahui konfigurasi elektroda yang lebih tepat dalam memetakan kondisi bawah permukaan berupa rongga. Pemodelan fisik dilakukan dalam skala laboratorium berupa bak yang diisi dengan medium homogen dan pipa sebagai model rongga.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian skala laboratorium, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan antara konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger* pada akuisisi metode geolistrik resistivitas sensitivitas dalam penelitian rongga bawah permukaan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Geofisika Fakultas MIPA Universitas Jember Kampus Tegalboto.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik resistivitas 2D dengan menggunakan konfigurasi *Wenner*, dan *Wenner-Schlumberger*.
3. *Software* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Res2Dinv*.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk dapat mengetahui perbandingan nilai sensitivitas pada konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger* guna mengetahui konfigurasi yang lebih tepat untuk penelitian rongga bawah permukaan.

1.5 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan tentang perbedaan setiap konfigurasi elektroda dan sensitivitasnya untuk tujuan eksplorasi tertentu. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan pemilihan konfigurasi elektroda yang tepat dalam akuisisi data geolistrik resistivitas khususnya untuk kasus rongga bawah tanah dan sejenisnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geofisika

Geofisika berasal dari kata geo yang berarti bumi dan ilmu fisika. Kata geo sendiri adalah kata yang diambil dari ilmu geologi. Geofisika adalah ilmu bumi yang mempelajari tentang bumi dengan menerapkan prinsip-prinsip ilmu fisika dalam memecahkan masalah (Santoso,2002).

Menurut Munir (1996), secara luas geofisika dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang suatu proses pembentukan keadaan permukaan bumi, bawah permukaan bumi, dan atmosfer. Atmosfer seperti angin, iklim dan beberapa sifat fisik lainnya yang dapat mempengaruhi suatu perubahan pada permukaan bumi dan sekitarnya dengan memanfaatkan prinsip-prinsip ilmu Fisika.

Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Di dalamnya termasuk juga meteorologi, elektrisitas atmosferis dan fisika ionosfer. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun horisontal. Dalam skala yang berbeda, metode geofisika dapat diterapkan secara global yaitu untuk menentukan struktur bumi, secara lokal yaitu untuk eksplorasi mineral dan pertambangan termasuk minyak bumi dan dalam skala kecil yaitu untuk aplikasi geoteknik (penentuan pondasi bangunan dan lain-lain). Secara umum, metode geofisika dibagi menjadi dua kategori yaitu metode pasif dan aktif. Metode pasif dilakukan dengan mengukur medan alami yang dipancarkan oleh bumi. Metode aktif dilakukan dengan membuat medan gangguan kemudian mengukur respons

yang dilakukan oleh bumi. Medan alami yang dimaksud disini misalnya radiasi gelombang gempa bumi, medan gravitasi bumi, medan magnetik bumi, medan listrik dan elektromagnetik bumi serta radiasi radioaktivitas bumi. Medan buatan dapat berupa ledakan dinamit, pemberian arus listrik ke dalam tanah, pengiriman sinyal radar dan lain sebagainya (Telford *et al.*,1990).

2.2 Geolistrik

Pada dasarnya geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui perubahan resistivitas jenis lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Penginjeksian arus ini menggunakan dua buah elektroda arus yang ditanam di dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB, maka akan menyebabkan aliran arus listrik tersebut dapat menembus lapisan batuan lebih dalam. Dengan adanya aliran arus listrik yang terjadi di dalam tanah diukur dengan menggunakan multimeter yang terhubung melalui dua buah elektroda tegangan M dan N yang jaraknya lebih pendek dari pada jarak elektroda AB. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang terinjeksi arus listrik pada kedalaman yang lebih besar (Rolia, 2011).

2.3 Sifat Konduktivitas Batuan

Sifat konduktivitas listrik batuan dekat permukaan bumi sangat dipengaruhi oleh jumlah air, kadar garam atau salinitas air serta bagaimana cara air didistribusikan dalam batuan. Konduktivitas listrik batuan yang mengandung air sangat ditentukan terutama oleh sifat air, yakni elektrolit. Larutan garam terdiri dari anion dan kation yang bergerak bebas dalam air. Adanya medan listrik eksternal menyebabkan kation dalam larutan elektrolit dipercepat menuju kutub negatif sedangkan anion menuju kutub positif. Tentu saja, batuan berpori

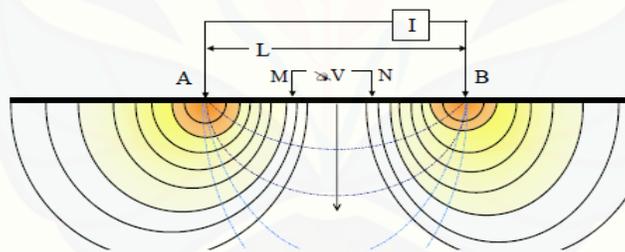
yang berisi air, nilai resistivitas listriknya berkurang dengan bertambahnya kandungan air. Pendekatan paling sederhana dalam pembahasan gejala kelistrikan di dalam bumi adalah dengan menganggap bumi sebagai medium homogen isotropis. Dengan perlakuan tersebut kemudian medan listrik dari titik sumber di dalam bumi dianggap memiliki simetri bola. Harga resistivitas listrik suatu formasi di bawah permukaan dapat ditentukan menurut persamaan 2.1:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \Omega m \quad (2.1)$$

Untuk pengukuran beda potensial antara titik M dan N dari sumber arus listrik A dan B di permukaan, maka:

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right\}^{-1} \quad (2.2)$$

Bila dibuat penampang melalui sumber A dan B, maka terlihat pola distribusi bidang ekuipotensial Gambar 2.1 di bawah.



Gambar 2.1. Ekuipotensial dan garis arus dari dua titik sumber di permukaan.

(Sumber: Handayani, 2001)

2.4 Nilai Resistivitas

Pada dasarnya tujuan dari survei geolistrik yaitu untuk menentukan distribusi nilai resistivitas dari pengukuran yang dilakukan di permukaan tanah. Nilai resistivitas sesungguhnya ρ dapat diperoleh berdasarkan resistivitas semu

ρ_a . Hubungan antara nilai ρ dan nilai ρ_a merupakan hubungan yang kompleks. Nilai resistivitas sebenarnya ρ diperoleh melalui melalui proses inversi nilai resistivitas semu ρ_a . Inversi dalam *Res2dinv* merupakan proses pemodelan nilai resistivitas sebenarnya ρ berdasarkan nilai resistivitas semu ρ_a (Telford *et al*, 1990).

Pengertian dasar dari resistivitas adalah bahwa pada resistivitas dianggap terdapat sebuah kubus dengan panjang L dilalui arus I . Material dalam kubus menahan konduksi listrik yang melewatinya dan menghasilkan potensial V diantara sisi yang berlawanan. Resistansi R sebanding dengan panjang L dari material resistif dan berbanding terbalik terhadap nilai resistivitas ρ . Berdasarkan hukum Ohm, rasio dari potensial terhadap arus yang digunakan ($\frac{V}{I}$) juga mendefinisikan resistansi R dari kubus dan dua persamaan dapat disatukan untuk membentuk hasil dari resistansi dan panjang. Resistansi R sebanding dengan panjang V dibagi dengan area A :

$$R \propto \frac{L}{A} \quad (2.3)$$

Hal ini dapat juga ditulis sebagai $R = \rho \frac{L}{A}$, dimana ρ adalah resistivitas. Hukum Ohm memberikan $R = \frac{V}{I}$, dimana V dan I adalah perbedaan potensial yang melalui sebuah resistor dan arus yang melaluinya. Hal ini dapat ditulis juga dalam bentuk persamaan pada kekuatan medan listrik E dan kerapatan arus J seperti :

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (2.4)$$

Dari persamaan-persamaan di atas dapat diperoleh persamaan lain untuk mencari resistivitas ρ sebagai berikut :

$$\rho = \frac{VA}{IL} \Omega m \quad (2.5)$$

(Reynolds,1997).

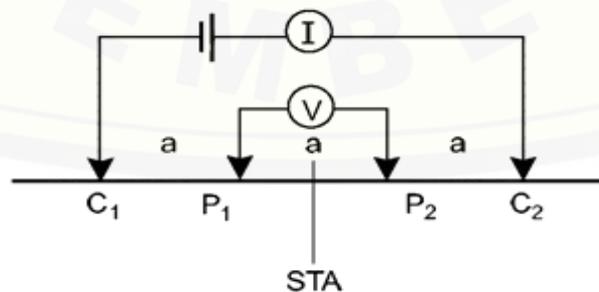
Tabel 2.1 Nilai resistivitas material-material bumi

Material	Resistivitas (Ωm)
Air (udara)	-
Pyrite (Pirit)	0.01-100
Quartz (Kwarsa)	500-800000
Calcite (Kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Rock Salt (Garam Batu)	$30-1 \times 10^{13}$
Granite (Granit)	200-10000
Andesite (Andesit)	$1.7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basalt (Basal)	200-100000
Limestoes (Gamping)	500-10000
Sandstone (Batu Pasir)	200-8000
Shales (Batu Tulis)	20-2000
Sand (Pasir)	1-1000
Clay (Lempung)	1-100
Ground Water (Air Tanah)	0.5-300
Sea Water (Air Asin)	0.2
Magnetite (Magnetit)	0.01-1000
Dry Gravel (kerikil kering)	600-10000
Alluvium (Aluvium)	10-800
Gravel (Kerikil)	100-60

Sumber: Telford *et al.* (1990).

2.5 Konfigurasi Wenner

Menurut Setiawan (2009), konfigurasi *Wenner* merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak antar elektroda sama panjang seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.2 Konfigurasi *Wenner* (Sumber: Loke, 1999)

Dalam hal ini elektroda-elektroda, baik arus maupun potensial diletakkan secara simetris terhadap titik *sounding*. Jarak antar elektroda arus tiga kali jarak antar elektroda potensial. Jadi, jika jarak masing-masing potensial terhadap titik *sounding* adalah $\frac{a}{2}$ maka jarak masing-masing elektroda arus terhadap titik *sounding* adalah $\frac{3a}{2}$. Pada tahanan jenis *mapping*, jarak spasi elektroda tersebut tidak berubah-ubah untuk setiap titik *sounding* yang diamati (besarnya a tetap). Sedangkan batas pembesaran spasi elektroda ini tergantung pada kemampuan alat yang dipakai. Semakin sensitif dan besar arus yang dapat dihasilkan alat tersebut, maka semakin besar pula jarak spasi yang digunakan pada tahanan jenis *sounding*, jarak spasi elektroda tersebut diperbesar secara gradual, mulai dari harga " a " kecil, untuk suatu titik *sounding*. Model pengukuran 2D dengan metode *Wenner* terlihat pada spasi yang digunakan, sehingga semakin dalam pula lapisan yang terdeteksi. Adanya sifat bahwa pembesaran jarak elektroda arus diikuti pula oleh pembesaran jarak elektroda potensial menyebabkan jenis konfigurasi *Wenner* dapat mendeteksi ketidakhomogenan lokal dari lokasi yang diamati. Dalam prosedur *Wenner* pada *mapping*, empat elektroda konfigurasi (C_2, P_2, P_1, C_1) dengan spasi yang sama dipindahkan secara keseluruhan dengan jarak yang tetap sepanjang garis pengukuran. Pemilihan spasi terutama tergantung pada kedalaman lapisan yang akan dipetakan. Konfigurasi *Wenner* mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan konfigurasi *Wenner* adalah dengan lebar spasi elektroda potensial yang besar maka tidak memerlukan peralatan yang sensitif. Sedangkan kekurangannya adalah semua elektroda harus dipindahkan untuk setiap pembacaan data resistivitas (Hendra, 2012). Hal ini untuk mendapatkan sensitivitas yang lebih tinggi untuk daerah lokal dan variasi lateral dekat permukaan. Sedangkan faktor geometri *Wenner* sebesar:

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \right) \quad (2.6)$$

$$K = 2\pi a \tag{2.7}$$

Resistivitas semu yang terbaca dalam konfigurasi *Wenner* dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \tag{2.8}$$

Dimana:

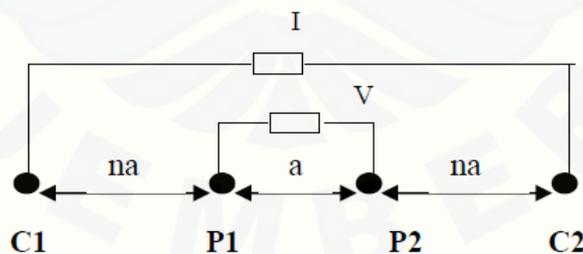
ρ = resistivitas semu (Ωm)

a = jarak antar elektoda (m)

$\frac{\Delta V}{I} = R$ = resistansi yang terukur (Ω)

2.6 Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “ n ” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda $C_1 - P_1$ (atau $C_2 - P_2$) dengan spasi antara $P_1 - P_2$ seperti pada Gambar 2.3. Jika jarak antar elektroda potensial (P_1 dan P_2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C_1 dan C_2) adalah $2na + a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus (Sakka, 2002).



Gambar 2.3 Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Sumber: Telford *et al.*, 1990)

$$\rho = K \frac{V}{I} \tag{2.9}$$

Dimana K adalah faktor geometri yang tergantung oleh penempatan elektroda di permukaan dan ρ adalah resistivitas

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}} \quad (2.10)$$

maka nilai resistivitas untuk metode *Wenner-Schlumberger* dapat dihitung dengan faktor geometris

$$\rho = R(n + 1)a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.11)$$

2.8 Res2Dinv

Metode yang digunakan merupakan metode geolistrik konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Schlumberger* dan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, hasil resistivitas semu dari pengukuran disimpan dalam format *Res2Dinv*. Hasil resistivitas semu tersebut akan diolah kembali dengan menggunakan program *Res2Dinv* untuk mendapatkan penampang resistivitas yang sesungguhnya. *Res2Dinv* merupakan salah satu *software* komputer yang secara otomatis menentukan resistivitas 2 dimensi (2-D) untuk bawah permukaan dari data pada metode geolistrik. Perangkat lunak *Res2Dinv* adalah suatu program Interferensi yang secara otomatis dapat menentukan model 2D dari tahanan jenis bawah permukaan berdasarkan data survei tahanan 2D program interversi ini dapat bekerja berdasarkan metode *least square smoothness constraint*. Pada dasarnya prosesnya mereduksi perbedaan antara nilai yang dihitung dengan terukur (Virgo,2002).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Kampus Tegalboto Universitas Jember khususnya di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret – Juni 2016 Penelitian menggunakan permodelan fisis skala laboratorium dengan menggunakan bak kayu berisi pasir, guna mendeteksi rongga bawah permukaan. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas dengan perbandingan dua konfigurasi, yaitu konfigurasi *Wenner*, konfigurasi *Wenner-Schlumberger*.

3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 2 multimeter
Berfungsi sebagai pengukur arus (I) dan beda potensial (v)
- Stovol
Berfungsi sebagai penyetabil arus listrik
- 2 elektroda arus
Berfungsi untuk menginjeksikan arus pada medium pasir
- 2 elektroda potensial
Berfungsi untuk mengukur besar beda tegangan yang ditimbulkan oleh dua titik penghubung
- Kabel-kabel penghubung
Berfungsi sebagai penghubung dari sumber arus listrik pada elektroda

- Meteran

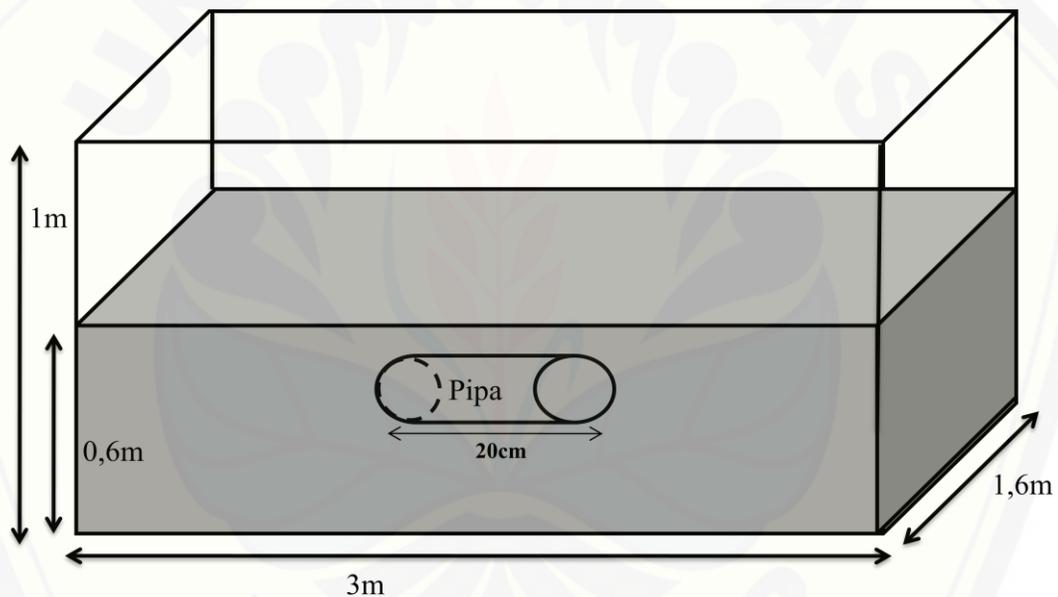
Berfungsi untuk menentukan panjang lintasan

- Bak kayu berisi pasir ($3 \times 1,6 \times 1$) m^3

Berfungsi sebagai media pengambilan data

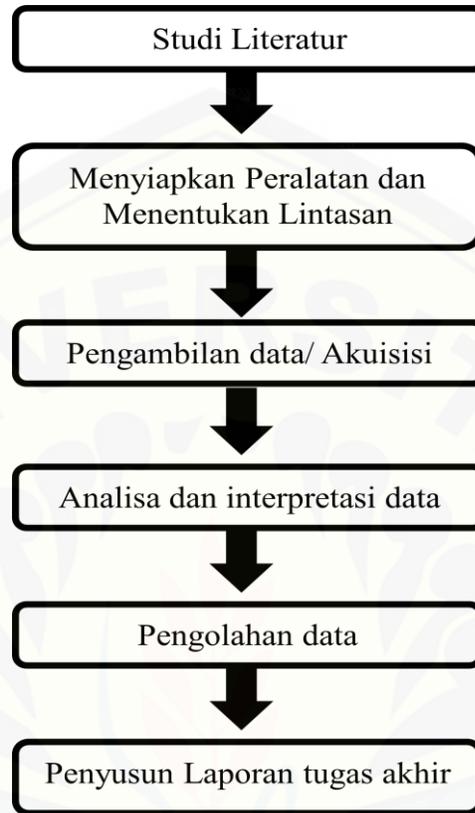
- Pipa berdiameter 4 cm dan panjang 25 cm

Pipa adalah benda uji sebagai model rongga bawah permukaan yang ditanam untuk kemudian akan diambil data yang dibutuhkan. Adapun media pengukuran padat dilihat seperti pada gambar 3.1 berikut ini:



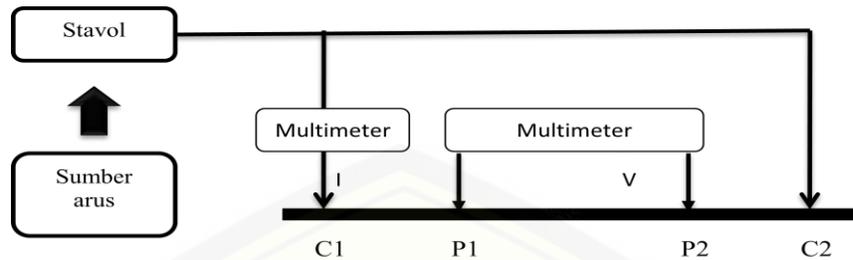
Gambar 3.1 Bak kayu berisi pasir digunakan sebagai media pengukuran

3.3 Diagram Penelitian



Gambar 3.2 Diagram kerja penelitian

Pada dasarnya arus yang mengalir dari sumber arus AC, akan dialirkan menuju stavol yang kemudian dihubungkan dengan kabel penghubung yang telah disediakan dan kemudian diinjeksikan dengan menggunakan dua elektroda arus (C_1, C_2) yang telah ditanamkan sebagian ke dalam pasir. Untuk C_1 sebagai muatan positif yang dihubungkan dengan multimeter dan elektroda arus ke dua C_2 sebagai elektroda negatif yang terhubung langsung dengan kabel penghubung dan beda potensial pada dua titik di permukaan pasir akibat injeksi arus listrik diukur pada bagian multimeter melalui dua elektroda potensial (P_1, P_2), dapat dilihat pada gambar 3.3.



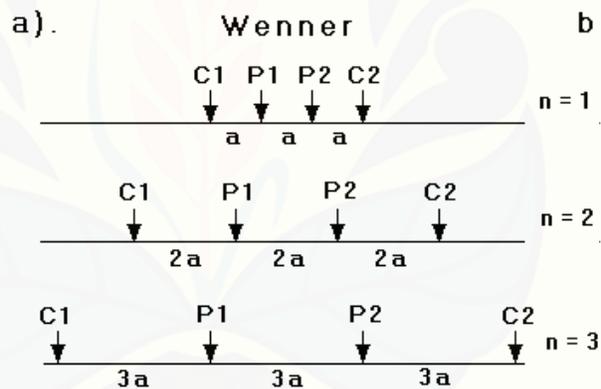
Gambar 3.3. Desain Rangkain alat.

3.4 Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan lintasan yang dibuat di dalam bak kayu dan diberi benda berupa pipa sebagai model rongga bawah tanah. Dengan menggunakan elektroda dari tembaga yang memiliki panjang 6 cm, dan memiliki diameter 2 mm, sebagian ditanam ke dalam pasir dengan jarak masing-masing elektroda disesuaikan untuk setiap konfigurasi dengan panjang bentang sampai dengan 200 cm dan spasi yang digunakan adalah 10 cm, 20 cm, 30 cm, hingga 60 cm. Pengambilan data dilakukan sebagai berikut:

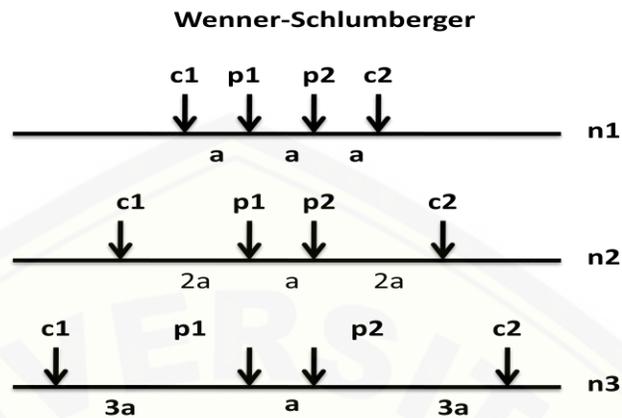
- a) Menentukan resistivitas pasir
 - 1) Rangkaian disusun sesuai dengan gambar 3.3 untuk konfigurasi *Wenner* pada jarak spasi c_1 dan $p_1 = 10 \text{ cm}$, p_1 dan $p_2 = 10 \text{ cm}$, p_2 dan $c_2 = 10 \text{ cm}$
 - 2) Multimeter diaktifkan, kemudian melakukan injeksi arus listrik pada medium pasir melalui elektroda yang tertanam pada permukaan pasir.
 - 3) Mencatat arus listrik yang mengalir (I) dan beda potensial (Δv) antara dua titik elektroda
- b) Menentukan resistivitas pipa pada medium pasir
 - 1) Pipa ditanamkan pada pasir dengan posisi pipa vertikal

- 2) Rangkaian disusun sesuai dengan gambar 3.3 untuk konfigurasi *Wenner* pada jarak spasi c_1 dan $p_1 = 10\text{ cm}$, p_1 dan $p_2 = 10\text{ cm}$, p_2 dan $c_2 = 10\text{ cm}$.
- 3) 2 elektroda arus dihubungkan dengan sumber arus dan multimeter pengukur arus dan 2 elektroda potensial pada multimeter pengukur tegangan
- 4) Multimeter diaktifkan, kemudian melakukan injeksi arus listrik pada medium pasir melalui elektroda yang tertanam pada permukaan pasir.
- 5) Arus listrik yang mengalir (I) dan beda potensial (Δv) antara dua titik elektroda dicatat.
- 6) Memindahkan posisi elektroda sesuai dengan spasi pada aturan konfigurasi *Wenner*.



Gambar 3.4 Susunan elektroda konfigurasi *Wenner* (Sumber: Loke,1999)

- 7) Mengulangi pengukuran untuk konfigurasi *Wenner* dengan variasi nilai $a = 10\text{ cm}, 20\text{ cm}, 30\text{ cm} \dots 60\text{ cm}$
- 8) Mengulangi langkah 2-5 untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, dimana pada konfigurasi ini jarak antar elektroda potensial p_1, p_2 adalah a maka jarak antar elektroda arus c_1, c_2 adalah $2na + a$. Sehingga bila elektroda c_1, c_2 berpindah, pada elektroda p_1, p_2 tidak berpindah.



Gambar 3.6 Susunan elektroda konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

(Sumber:Loke,1999)

- 9) Mengulangi pengukuran konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan variasi nilai $a = 10 \text{ cm}, 20 \text{ cm}, 30 \text{ cm} \dots 90 \text{ cm}$
- 10) Mengulangi langkah 1-11 dengan posisi pipa yang berbeda (posisi horizontal)
- 11) Mengulangi langkah 1-11 dengan posisi pipa yang berbeda (posisi melintang)

3.5 Analisa Data

a. Pengolahan Data

Data yang didapat hari hasil pengukuran yang diperoleh dari beberapa lintasan berupa nilai resistansi yang kemudian diolah menjadi nilai resistivitas semu, dengan menggunakan persamaan yang 3.1:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (3.1)$$

Sedangkan untuk faktor geometri pada konfigurasi *Wenner* adalah persamaan :

$$K = 2\pi a \quad (3.2)$$

Sedangkan untuk faktor geometri pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah persamaan :

$$\rho = R(n + 1)a \frac{\Delta V}{I} \quad (3.3)$$

b. Peta Kontur Resistivitas

Data yang telah diolah menjadi nilai resistansi diolah kembali menggunakan *software Res2Dinv* untuk menghasilkan penggambaran dari lintasan resistivitas 2D yang menunjukkan nilai dari masing-masing lintasan untuk memetakan kondisi bawah permukaan. Analisa dilakukan pada hasil peta *Isoresistivitas 2D* untuk mengetahui letak posisi pipa yang ditanamkan pada media pasir dan menginterpretasi hasil yang didapat sesuai dengan tabel 2.1 nilai resistivitas tanah dan batuan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian skala laboratorium tentang analisis perbandingan konfigurasi *Wenner* dan *Wenner-Schlumberger* metode geolistrik resistivitas 2D untuk kasus rongga bawah permukaan telah dilakukan pada bak pasir dengan rongga berupa pipa pvc. Konfigurasi *Wenner* cukup berhasil menunjukkan kehomogenan pasir dengan rentang nilai resistivitas $2,15 \Omega\text{m} - 606 \Omega\text{m}$. Secara umum, Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* telah berhasil mendeteksi keberadaan benda uji (pipa) baik yang ditanam secara vertikal, horizontal maupun melintang. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* memberikan hasil terbaik untuk benda uji (pipa) yang ditanam secara horizontal yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas $1280 \Omega\text{m}$ tepat pada kedalaman 20 cm dengan posisi di tengah lintasan. Sedangkan konfigurasi *Wenner* tidak mampu menunjukkan keberadaan pipa yang ditanam secara horizontal, vertikal dan melintang. Untuk kasus rongga bawah permukaan skala laboratorium, konfigurasi *Wenner-Schlumberger* lebih sensitif dan lebih tepat digunakan dari pada konfigurasi *Wenner*.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran yang dapat menyempurnakan penelitian ini antara lain :

1. Perlu penyempurnaan pada rangkaian pengukuran sehingga dapat digunakan untuk spasi elektroda yang lebih kecil, misalnya dengan menambahkan rangkaian pengatur tegangan *output*, penambahan *fuse* untuk menghindari hubungan singkat dan sebagainya
2. Ada kemungkinan bak pasir yang digunakan dalam penelitian sudah mengalami kontaminasi dan pemadatan sehingga terjadi variasi nilai resistivitas pasir. Oleh karena itu, perlu perlakuan ulang pada bak pasir agar nilai resistivitasnya sangat homogen.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Loke, M. H. 1999. *RES2DINV Rapid 2D Resistivity & IP Inversion*. Malaysia: Penang.
- Loke, M. H. 1996. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Malaysia: Penang.
- Munir, M. MS. 1996. *Geologi dan Mineralogi Tanah*. Jakarta. PT Dunia Pustaka Jaya.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley & Sons.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*. New York: Cambridge University Press
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology Second Edition*: New York: John Wiley & Sons, Inc.

Jurnal

- Bahar, Hendra. 2012. Metode Geolistrik untuk Mengetahui Potensi Air tanah Didaerah Bijih Kabupaten Pasuruan jawa timur. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi dan Teknologi (SNAAT) periode III Vol.1 Yogyakarta*.
- Bulkis, K. dan Zubaidah, T. 2008. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk Survey Pipa Bawah Permukaan. *Teknologielektro* Vol. 7 (2) : 84-91
- Rolia, E. 2011. *Penggunaan Metoda Geolistrik untuk Mendeteksi Keberadaan Air*, Tapak Vol. 1 (1) : 1-10

Setiawan, T. dan Utama, W. Dr. Ir.. 2009. Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo dengan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Mendapatkan Bidang Patahan. Surabaya. ITS.

Subarjo, M, Nurdin, Selamat Sudarjo, Setya Darma. 2000. Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis untuk Pencarian Sumber Air Tanah di Cipanas Jawa Barat. *Prodising Seminar Pranata Nuklir dan Teknik Litkayasa, P2BGN-Batan*. Jakarta

Zubaidah, T dan Bulkis K. 2008. Pemodelan Fisika Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Investigasi Keberadaan Air Tanah. *Teknologielektro* Vol. 7 (1): 20-24

Artikel

Virgo, F. 2002. *Pemodelan Fisis Metoda Tahanan Jenis Untuk Benda Berongga Di Bawah Lapisan Mendatar*. Tesis. ITB. Bandung.

Sakka, 2002. *Metoda Geolistrik Tahanan Jenis*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam – UNHAS, Makassar.

Skripsi

Jannah, Siti R. 2014. *Analisis Perbandingan Konfigurasi Elektroda untuk Indifikasi keberadaan Air pada Skala Laboratorium Dengan Metode GeoListrik Resistivitas. Tidak Diterbitkan*. Yogyakarta. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.

Wuryantoro. 2007. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Akuifer Air Tanah. Tidak Diterbitkan*. UNNES. Semarang.