



**APLIKASI METODE GEOLISTRIK UNTUK  
MENENTUKAN INTRUSI AIR GARAM DI SEKITAR  
BLEDUG KUWU GROBOGAN**

skripsi

disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Fisika

oleh

Susi Atmiati

4250407009

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2011**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul

Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Menentukan Intrusi Air Garam Di sekitar Bledug  
Kuwu Grobogan

Ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka  
saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.



Semarang, Agustus 2011

Penulis

Susi Atmiati  
NIM. 4250407009

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Menentukan Intrusi Air Garam Di sekitar  
Bledug Kuwu Grobogan

disusun oleh

nama : Susi Atmiati

NIM : 4250407009

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada  
tanggal 24 Agustus 2011

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Dr. Kasmadi Imam S., M.S.  
NIP. 19511115 197903 1 001

Dr. Putut Marwoto, M.S.  
NIP. 19630821 198803 1 004

Ketua Pengaji

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.  
NIP. 19680714 199603 1 005

Anggota Pengaji/  
Pembimbing Utama

Anggota Pengaji/  
Pembimbing Pendamping

Dr. Khumaedi, M.Si  
NIP. 19630610 198901 1002

Dr. Supriyadi, M.Si  
NIP. 19650518 199102 1001



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## PERSEMBAHAN

Untuk Ayah, Ibu dan Adik-Adik

Untuk Abang

Untuk teman-teman kostku

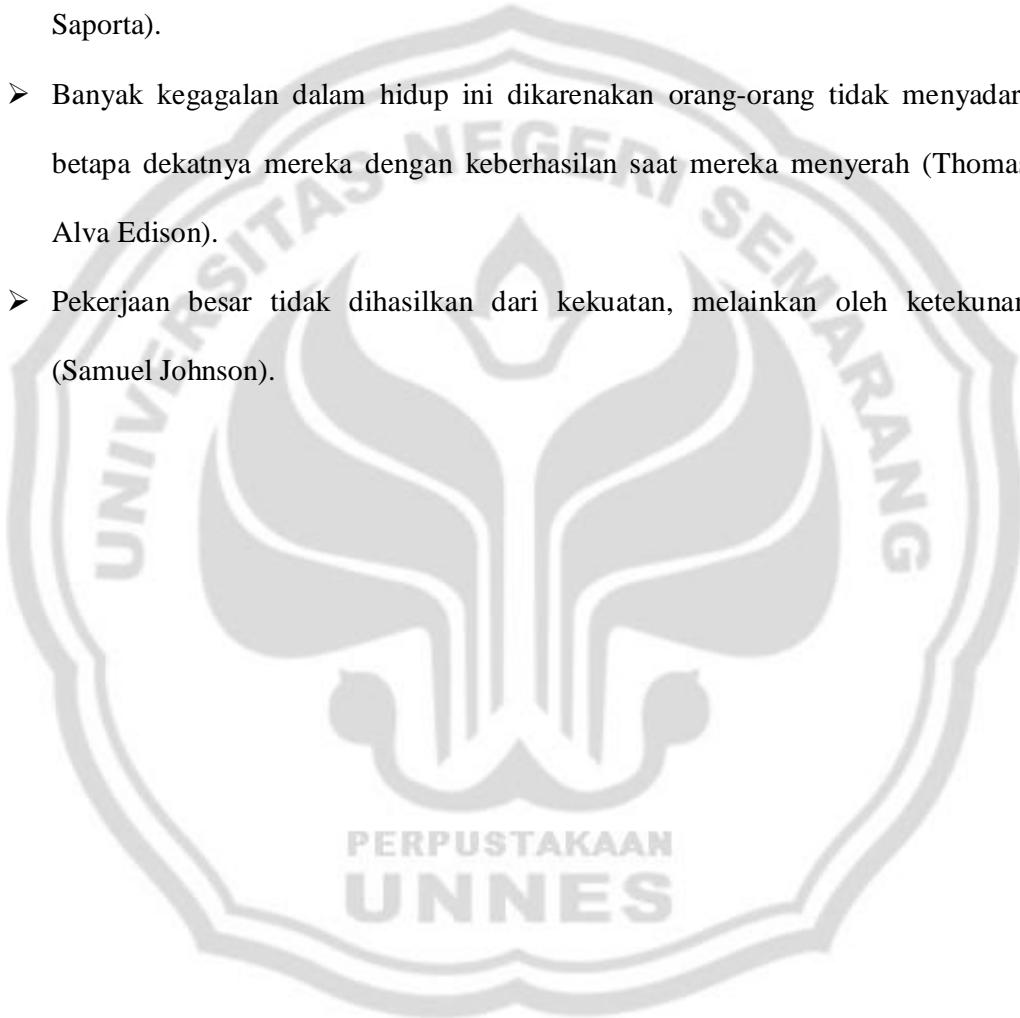
Untuk teman-teman Physic07



[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## MOTTO

- Jalan terbaik untuk bebas dari masalah adalah dengan memecahkannya (Alan Saporta).
- Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah (Thomas Alva Edison).
- Pekerjaan besar tidak dihasilkan dari kekuatan, melainkan oleh ketekunan (Samuel Johnson).



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Menentukan Intrusi Air Garam Di sekitar Bledug Kuwu Grobongan". Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sudijono Sastroatmodjo, M.Si., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Kasmadi Imam S., M.S., selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Putut Marwoto, M.S., selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Khumaedi, M.Si., selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan.
5. Dr. Supriyadi, M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan.
6. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., yang telah meluangkan waktunya untuk menjadi dosen penguji.
7. Dr. Agus Yulianto, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika sekaligus dosen wali yang telah memberikan dukungan dan perhatian.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

8. Bapak Camat Kradenan dan Bapak Kepala Desa Kuwu yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian.
9. Ayah, Ibu dan adik yang selalu memberi semangat, dukungan dan kasih sayang.
10. Teman-teman Physic07 yang telah memberi semangat dan bantuan.

Penulis sadar dengan apa yang telah disusun dan disampaikan masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Agustus 2011

Penulis

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

## ABSTRAK

**Atmiati, Susi.** 2011. *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Menentukan Intrusi Air Garam Di sekitar Bledug Kuwu Grobogan.* Skripsi Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I: Dr. Khumaedi, M.Si, Pembimbing II: Dr. Supriyadi, M.Si.

**Kata Kunci :** Bledug Kuwu, Geolistrik, Intrusi Air Garam.

Di sekitar Bledug Kuwu Grobogan diduga terjadi intrusi atau perembesan air garam meskipun tidak terletak di daerah pesisir pantai. Intrusi ini diduga sampai ke daerah pemukiman penduduk yang ada di sekitar Bledug Kuwu. Migrasi air garam ini tentu saja akan menjadi masalah yang mengganggu dalam penyediaan air layak minum bagi penduduk setempat. Untuk mengetahui sejauh mana intrusi itu terjadi, dapat dilakukan dengan metode geolistrik. Salah satunya adalah metode geolistrik *resistivitas* konfigurasi *pole-pole* dengan teknik 2D dan 3D. Penelitian dilakukan di 3 tempat, yaitu di sisi Barat dan sisi Selatan dengan menggunakan teknik 2D dan di Tengah area Bledug Kuwu dengan menggunakan teknik 3D. Analisis resistivitas dilakukan dengan software *Res2DInv* dan *Res3DInv*. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa sampai jarak 100 m dari Bledug Kuwu, baik sisi Barat maupun sisi Selatan masih terintrusi air garam. Intrusi air garam di sisi Barat terjadi mulai kedalaman sekitar 11 m. Sedangkan di sisi Selatan terjadi mulai kedalaman sekitar 6,5 m. Intrusi air garam di bagian Tengah area Bledug Kuwu terjadi mulai kedalaman sekitar 7,5 m. Nilai resistivitas tanah yang terintrusi air garam di Tengah area Bledug Kuwu adalah 0,53  $\pm$  5,4  $\pm$  m. Sedangkan di sisi Barat adalah 0,921  $\pm$  4,22  $\pm$  m dan di sisi Selatan sekitar 0,717  $\pm$  4,00  $\pm$  m. Semakin mendekati pusat letusan, intrusinya semakin dangkal. Artinya semakin mendekati pusat letusan, intrusinya semakin besar dan kandungan garamnya semakin tinggi.



PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

## DAFTAR ISI

Halaman

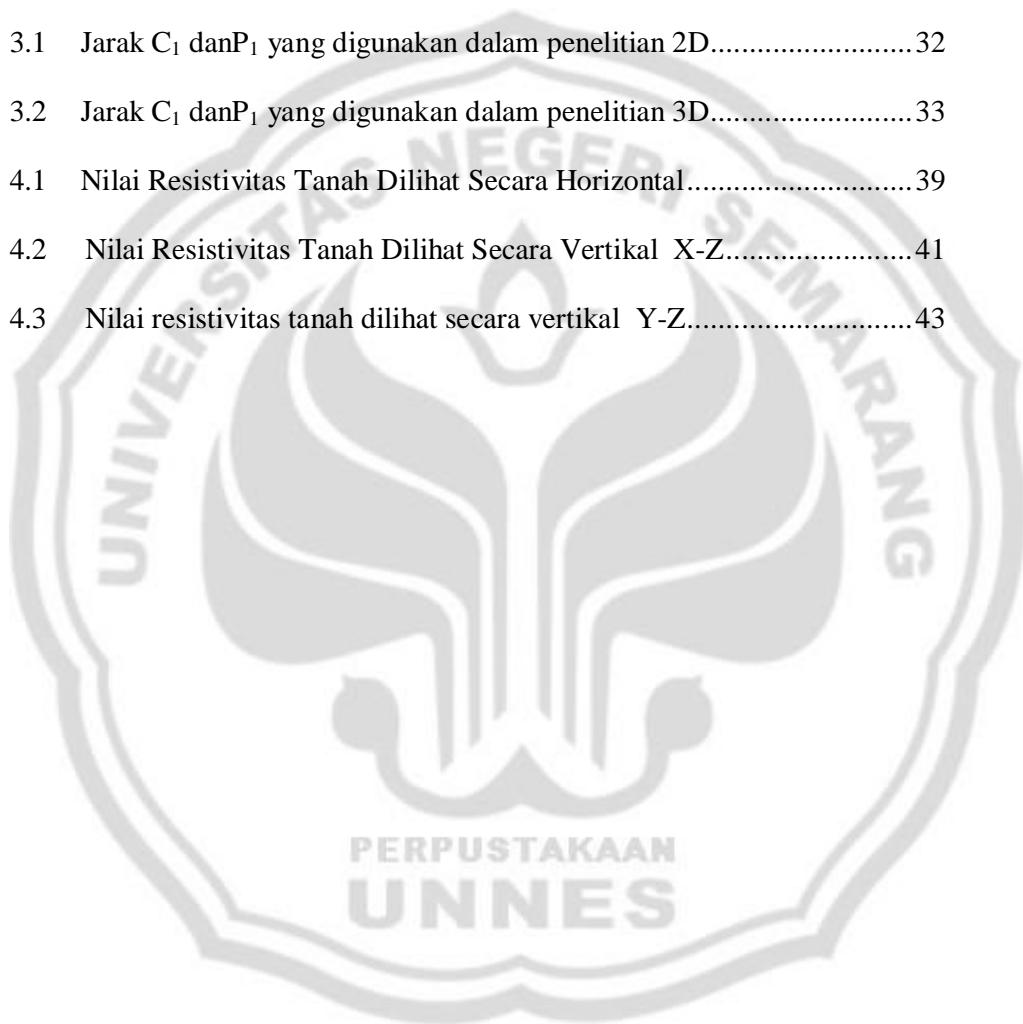
PRAKATA .....	vi
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB	
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Penegasan Istilah .....	5
1.3 Perumusan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi .....	6
2. LANDASAN TEORI	
2.1 Geologi Bledug Kuwu .....	8
2.2 Intrusi Air Laut .....	11
2.3 Sifat Listrik Batuan .....	12
2.4 Aliran Listrik di Dalam Bumi .....	14
2.5 Resistivitas Batuan .....	20

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

2.6 Geolistrik Metode Tahanan Jenis .....	22
2.7 Konfigurasi Pole-pole .....	26
<b>3. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	29
3.2 Alat dan Susunan Alat Penelitian.....	30
3.3 Prosedur Penelitian.....	31
3.4 Pengolahan Data.....	33
3.5 Interpretasi Data .....	34
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	35
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Penelitian.....	36
4.2 Pembahasan .....	44
<b>5. PENUTUP</b>	
5.1 Simpulan .....	47
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	48
<b>LAMPIRAN</b> .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Harga Tahanan Jenis Beberapa Jenis Bahan.....	21
3.1 Jarak C <sub>1</sub> dan P <sub>1</sub> yang digunakan dalam penelitian 2D.....	32
3.2 Jarak C <sub>1</sub> dan P <sub>1</sub> yang digunakan dalam penelitian 3D.....	33
4.1 Nilai Resistivitas Tanah Dilihat Secara Horizontal.....	39
4.2 Nilai Resistivitas Tanah Dilihat Secara Vertikal X-Z.....	41
4.3 Nilai resistivitas tanah dilihat secara vertikal Y-Z.....	43



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Jalur patahan di sekitar Bledug Kuwu.....	9
2.2 Peta Bledug Kuwu .....	10
2.3 Letusan Bledug Kuwu .....	10
2.4 Silinder Konduktor .....	13
2.5 Medium Homogen Isotropik dengan Arus Listrik .....	14
2.6 Sumber Arus Tunggal A dalam Medium Homogen Isotropik, Dimana Pasangan Sumber Arus B Dianggap Terletak Tak Hingga....	17
2.7 Sumber Arus Tunggal A di Permukaan Medium Homogen Setengah Ruang ( <i>Half Space</i> ), Sementara Pasangan Sumber Arus B Dianggap Terletak di Tak Hingga .....	18
2.8 Pola Aliran Arus dan Bidang Ekipotensial antara Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan.....	19
2.9 Skema Konfigurasi Elektroda .....	23
2.10 Skema Resistivitas Semu Lapisan Tanah .....	25
2.11 Susunan elektroda dengan konfigurasi <i>Pole-Pole</i> .....	27
3.1 Peta Lokasi Penetitian.....	29
3.2 Resistivimeter <i>Nanura NRD 22</i> .....	30
3.3 Skema susunan elektroda geolistrik <i>konfigurasi pole-pole</i> .....	31
3.4 Diagram Alir Proses Penelitian .....	35
4.1 Penampang Resistivitas Tanah di Sisi Barat.....	36
4.2 Penampang Resistivitas Tanah di Sisi Selatan.....	37
4.3 Penampang resistivitas secara horizontal pada lapisan 1 sampai 6.....	38

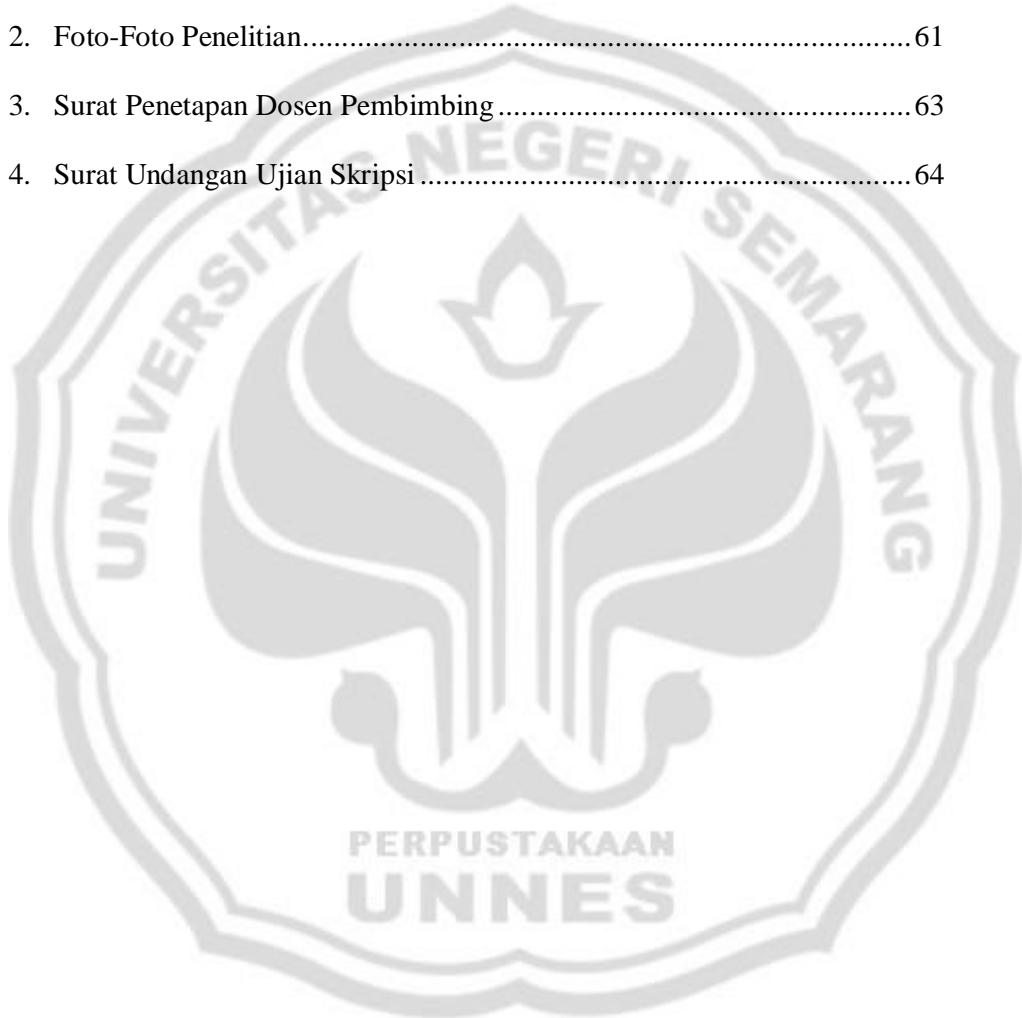
[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

4.4	Penampang horizontal dalam arah sumbu x, y dan z .....	39
4.5	Penampang resistivitas secara vertikal XZ pada potongan 1- 4.....	40
4.6	Penampang vertikal dalam arah sumbu x dan sumbu z.....	41
4.7	Penampang resistivitas secara vertikal YZ pada potongan 1- 4.....	42
4.8	Penampang vertikal dalam arah sumbu y dan sumbu z.....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Penelitian.....	50
2. Foto-Foto Penelitian.....	61
3. Surat Penetapan Dosen Pembimbing .....	63
4. Surat Undangan Ujian Skripsi .....	64



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Intrusi air laut merupakan suatu peristiwa penyusupan atau meresapnya air laut atau air asin ke dalam air tanah. Kasus intrusi air laut merupakan masalah yang sering terjadi di daerah pesisir pantai. Menurut Soemarto sebagaimana dikutip oleh Syahputra (2009), air tanah mengalir ke laut lewat akuifer-akuifer di daerah pantai secara alami. Namun karena adanya pengambilan air tanah dalam jumlah yang besar, maka aliran air tanah yang menuju ke laut akan menurun bahkan sebaliknya, air laut akan merembes ke dalam sumur-sumur yang ada di daratan. Peristiwa ini dinamakan intrusi air laut.

Di sekitar Bledug Kuwu diduga terjadi intrusi atau perembesan air garam meskipun tidak terletak di daerah pesisir pantai. Pendugaan adanya intrusi ini diperoleh dari hasil survei yang dilakukan ke sumur-sumur penduduk sekitar Bledug Kuwu dan ternyata airnya terasa asin. Penyebab intrusinya tidak sama dengan intrusi yang terjadi di daerah dekat pantai, seperti Semarang. Menurut Syahputra (2009), penyebab intrusi air laut di kota Semarang adalah adanya penyedotan air bawah tanah yang berlebihan dan tidak terkendali. Sedangkan di Bledug Kuwu, pengambilan air bawah tanah hanya dilakukan dalam skala kecil.

Bledug Kuwu merupakan fenomena gunung api lumpur (*mud volcano*) yang terletak di Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa

Tengah. Indriana dkk. (2007) menyatakan bahwa di sekitar Kuwu dijumpai beberapa indikasi laut purba yang menyambung hingga ke arah timur yaitu ke Cepu dan ke arah barat hingga kawasan Boja serta ke arah Cirebon. Dilihat dari formasi geologisnya, Kuwu sampai ke Cepu dahulunya adalah laut. Menurut Hariyadi (2006), laut purba tersebut membentang dari kawasan Bledug Kuwu ke arah barat daya yaitu ke Sangiran dan juga sampai ke Boyolali.

Proses terbentuknya Bledug Kuwu belum bisa diketahui secara jelas. Kemungkinan disebabkan karena adanya air laut yang terperangkap atau terjebak dalam sedimen batuan. Menurut Soemarto sebagaimana dikutip oleh Syahputra (2009), ada bermacam-macam cara air asin dapat bercampur dengan air permukaan di daerah delta dan pantai, salah satunya adalah *connate water* yaitu air yang terjebak dalam rongga-rongga batuan sedimen. Kemungkinan Bledug Kuwu juga terbentuk dari proses *connate water* karena mempunyai ciri-ciri yang hampir sama dengan laut yaitu airnya asin atau mengandung garam.

Fenomena *mud volcano* di Bledug Kuwu berbeda dengan *mud volcano* di daerah lain. Di Bledug Kuwu terjadi karena proses alam. Sedangkan menurut Davies *et al.*, (2007), di Porong Sidoarjo, *mud volcano* muncul karena proses pengeboran sumur eksplorasi. Selain itu volume lumpur yang keluar dari kedua daerah ini juga berbeda. Di Porong Sidoarjo, volume lumpur mencapai ribuan meter kubik per hari. Penambahan volume lumpur dapat menjebolkan tanggul, menenggelamkan jalan dan desa di sekitarnya. Sedangkan di Bledug Kuwu, volume lumpurnya relatif tidak menambah luas tanah yang tergenang lumpur dan

kekuatan semburan lumpurnya tergolong sangat kecil. Besar kecilnya semburan lumpur ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan antara kawasan Timur dengan kawasan Barat. Tekanan di kawasan Timur lebih tinggi daripada tekanan di kawasan Barat, sehingga menyebabkan *mud volcano* yang ada di kawasan Timur mempunyai kekuatan semburan yang lebih besar dibandingkan *mud volcano* di kawasan Barat . Sidoarjo termasuk dalam kawasan Timur, sehingga semburan lumpurnya lebih besar dibandingkan Bledug Kuwu yang termasuk dalam kawasan Barat. Tingginya tekanan di kawasan Timur disebabkan karena basinnya lebih dalam. Basin yaitu suatu area cekung tempat terjadinya suatu pengendapan. Menurut Matthews & Bransden, sebagaimana dikutip oleh Davies (2008), *mud volcano* di Jawa Timur merupakan suatu cekungan ekstensional.

Fenomena *mud volcano* banyak dijumpai di belahan Bumi lain, bukan hanya di Porong Sidoarjo dan Bledug Kuwu. Biasanya fenomena ini berkaitan dengan adanya lapisan minyak dan gas bumi. Salah satu wilayah yang memiliki banyak *mud volcano* adalah Azerbaijan, sebuah negara di wilayah Eropa timur. Menurut Davies, sebagaimana dikutip oleh Dewi (2011), gunung api lumpur atau *mud volcano* terutama dapat terjadi pada sabuk tektonik kompresi (misalnya Azerbaijan, Indonesia) dan dalam delta (misalnya Mississippi).

Intrusi air garam di Bledug Kuwu diduga sampai ke daerah pemukiman penduduk yang ada di sekitar Bledug Kuwu. Migrasi air garam ini tentu saja akan menjadi masalah yang mengganggu dalam penyediaan air layak minum bagi penduduk setempat. Untuk mengetahui sejauh mana intrusi itu terjadi, dapat dilakukan dengan metode geofisika. Salah satunya adalah dengan metode geolistrik.

Metode geofisika yang lebih efektif untuk keperluan ini, salah satunya adalah metode resistivitas konfigurasi Pole-pole dengan teknik 2 dimensi (2D) dan 3 dimensi (3D). Monitoring intrusi air garam ini perlu dilakukan untuk mengurangi dampak yang mungkin terjadi.

Pada penelitian sebelumnya terbukti bahwa metode geolistrik dapat digunakan untuk menentukan pencemaran air tanah, seperti penelitian yang dilakukan Wijaya dkk. (2009) yang berhasil memetakan arah penyebaran pencemaran air tanah (lindi) di wilayah Ngringo Jaten Karanganyar. Suhendra (2006) juga berhasil mengidentifikasi penyebaran limbah cair dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis. Metode geolistrik terbukti merupakan metode sederhana dalam pendekripsi kualitas air tanah.

Penelitian tentang intrusi air laut skala model yang telah dilakukan oleh Haryanto (2011) menyatakan bahwa resistivitas tanah yang terintrusi air laut adalah 2,22 ÷ 5,69 Ω m. Sedangkan menurut Loke (1999: 4), resistivitas air bersih (fresh) adalah antara 10-100 Ω m. Berdasarkan sifat inilah bisa dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana intrusi air garam di sekitar Bledug Kuwu dengan memanfaatkan perbedaan resistivitas tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis bermaksud melakukan penelitian tentang *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Menentukan Intrusi Air Garam Di sekitar Bledug Kuwu Grobogan.*

## 1.2 Penegasan Istilah

Untuk menghindari perbedaan penafsiran maka penulis perlu menjelaskan pengertian dan istilah yang digunakan dalam penelitian ini, berikut akan ditegaskan beberapa istilah, antara lain:

1. Intrusi air laut merupakan suatu peristiwa penyusupan atau meresapnya air laut atau air asin ke dalam air tanah.
2. Mud Volcano merupakan gunung api lumpur yang berpotensi mengeluarkan semburan lumpur dari dalam tanah karena adanya gas yang diproduksi terus-menerus di dalam perut bumi sehingga materi lumpur terdorong keluar melalui rekahan atau lubang yang ada di dalam bumi.
3. Metode tahanan jenis adalah salah satu dari kelompok metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi (Santoso, 2002: 111).
4. Konfigurasi *Pole-pole* merupakan aturan tentang penyusunan elektroda yang digunakan dalam penelitian yaitu menggunakan 4 elektroda, masing-masing 2 elektroda arus dan 2 elektroda potensial dengan salah satu elektroda arus dan elektroda potensial diletakkan jauh tak hingga.

## 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dirumuskan masalah penelitian yaitu sejauh mana intrusi air garam yang terjadi di sekitar Bledug Kuwu Grobogan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui daerah di sekitar Bledug Kuwu Grobogan yang terintrusi air garam.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh informasi tentang daerah di sekitar Bledug Kuwu yang terintrusi air garam.

## 1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi disusun dalam tiga bagian utama yaitu bagian awal, bagian inti, dan bagian akhir skripsi. Bagian awal skripsi terdiri dari halaman sampul, halaman judul, abstrak, pengesahan, motto dan persembahan, daftar isi, daftar gambar dan daftar lampiran. Bagian inti dari skripsi terdiri dari lima bab yaitu:

- BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, penegasan istilah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

- BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka berisi teori-teori yang mendukung dan berkaitan dengan permasalahan skripsi sehingga dapat dijadikan sebagai teori penunjang yang menjadi dasar teori disusunnya skripsi ini. Pada bagian ini terdiri dari tinjauan geologi Bledug Kuwu, intrusi air laut, sifat listrik di dalam batuan, aliran listrik di dalam bumi, resistivitas batuan dan metode geolistrik resistivitas.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisi uraian lokasi dan waktu pelaksanaan penelitian, alat dan susunan alat penelitian, prosedur penelitian, pengolahan data dan diagram alir penelitian.

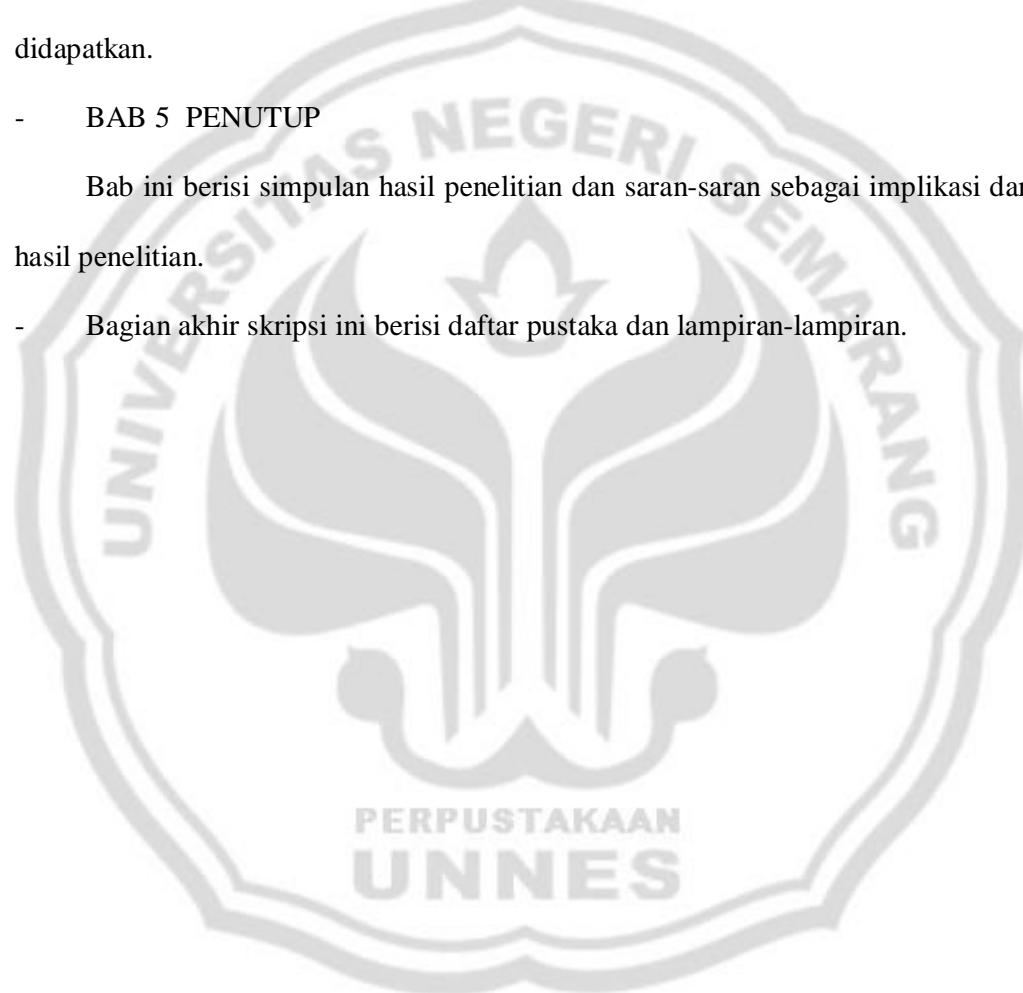
- BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan pembahasan tentang hasil penelitian yang telah didapatkan.

- BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi simpulan hasil penelitian dan saran-saran sebagai implikasi dari hasil penelitian.

- Bagian akhir skripsi ini berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

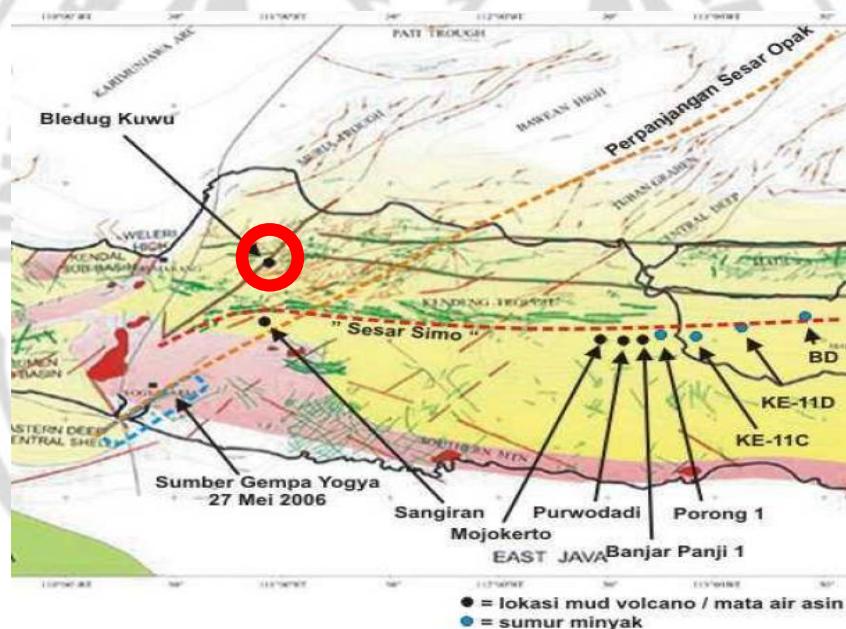
#### 2.1 Geologi Bledug Kuwu

Bledug Kuwu merupakan sebuah fenomena gunung api lumpur (*mud volcano*) yang terletak di Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan, Provinsi Jawa Tengah. Gejala alam yang menarik dari Bledug Kuwu ini adalah letusan-letusan lumpur yang mengandung garam dan berlangsung terus-menerus secara berkala, antara 2 sampai 3 menit. Objek wisata yang menyajikan keajaiban alam ini luasnya ± 45 hektar dengan suhu minimum 31 °C. Indriana dkk. (2007) menyatakan bahwa di sekitar Kuwu dijumpai beberapa indikasi laut purba, yaitu berupa air asin, uap, gas, dan minyak. Fenomena laut purba ini sangat potensial sebagai sumber minyak bumi (*crude oil*) dan menyambung hingga ke arah timur yaitu ke Cepu dan ke arah barat hingga kawasan Boja dan Cirebon. Dilihat dari formasi geologisnya, Kuwu sampai ke blok Cepu dahulunya adalah laut. Kemungkinan semburan gas bercampur lumpur dan air garam yang keluar dari dalam bumi itu berasal dari jasad renik makhluk laut tersebut. Menurut Hariyadi (2006), laut purba tersebut membentang dari kawasan Bledug Kuwu ke arah barat daya yaitu ke Sangiran dan kemungkinan juga sampai ke Boyolali.

Keadaan geologi regional daerah Kuwu menunjukkan bahwa mulai dari Semarang ke arah timur hingga daerah Kuwu merupakan endapan *alluvial* yang

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

termasuk zona Randublatung. Daerah ini mempunyai kenampakan morfologi datar. Di bagian utara terdapat perbukitan bergelombang lemah dan sedang. Sedangkan di bagian selatan dibatasi oleh bagian darat formasi Kendeng. Di sebelah timur daerah Kuwu terdapat jalur patahan yang berarah barat-timur, yang merupakan patahan normal. Di sebelah selatan daerah Kuwu terdapat jalur patahan yang berarah barat-timur yang merupakan patahan naik, tegak lurus patahan tersebut terdapat patahan normal. Jalur patahan yang ada di sekitar Bledug Kuwu dapat dilihat seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Jalur patahan di sekitar Bledug Kuwu

Lokasi Bledug Kuwu terletak pada koordinat  $7^{\circ}07'03.90''$  LS dan  $111^{\circ}07'17.61''$  BT. Pada peta ditunjukkan seperti Gambar 2.2.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Gambar 2.2 Peta Bleduk Kuwu

Obyek yang menarik dari bledug ini adalah letusan-letusan lumpur yang mengandung garam dan berlangsung terus-menerus secara periodik antara 2 sampai 3 menit pada daerah dengan diameter  $\pm$  650 meter. Letusan Bledug Kuwu ditunjukkan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Letusan Bledug Kuwu

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Proses terbentuknya Bledug Kuwu belum bisa diketahui secara jelas.

Kemungkinan disebabkan karena adanya air laut yang terperangkap atau terjebak dalam sedimen batuan. Menurut Soemarto sebagaimana dikutip oleh Syahputra (2009), ada bermacam-macam cara air asin dapat bercampur dengan air permukaan di daerah delta dan pantai, salah satunya adalah *connate water* yaitu air yang terjebak dalam rongga-rongga batuan sedimen. Air tersebut biasanya berasal dari air laut atau air tawar yang termineralisasi dan mempunyai salinitas yang lebih tinggi air laut. Kemungkinan Bledug Kuwu juga terbentuk dari proses *connate water* karena mempunyai ciri-ciri yang hampir sama dengan laut yaitu airnya asin atau mengandung garam.

## 2.2 Intrusi Air Laut

Intrusi air laut merupakan suatu peristiwa penyusupan atau meresapnya air laut atau air asin ke dalam air tanah. Kasus intrusi air laut merupakan masalah yang sering terjadi di daerah pesisir pantai. Menurut Soemarto sebagaimana dikutip oleh Syahputra (2009), air tanah mengalir ke laut secara alami. Namun karena adanya pengambilan air tanah dalam jumlah yang besar, maka aliran air tanah yang menuju ke laut akan menurun bahkan sebaliknya, air laut akan merembes ke dalam sumur-sumur yang ada di daratan. Peristiwa ini dinamakan intrusi air laut. Menurut Irham dkk. (2006), sebab-sebab utama terjadinya penerobosan air asin adalah sebagai berikut :

1. Air tanah itu berhubungan dengan air laut
2. Penurunan permukaan air tanah cukup besar

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Intrusi air laut yang masuk ke dalam akuifer air tawar akan berpengaruh pada penurunan kualitas air tanah. Seberapa dampaknya, tergantung pada besarnya konsentrasi garam-garam yang terlarut.

## 2.3 Sifat Listrik Batuan

Sifat listrik batuan adalah karakteristik dari batuan bila dialirkan arus listrik ke dalamnya. Aliran arus listrik di dalam batuan/mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik.

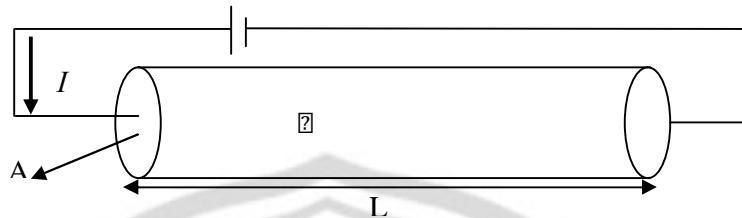
### 2.3.1 Konduksi secara elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis). Resistivitas adalah karakteristik bahan yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik. Begitu pula sebaliknya, apabila nilai resistivitasnya rendah maka akan semakin mudah bahan tersebut menghantarkan arus listrik. Resistivitas mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Jika ditinjau silinder konduktor dengan panjang  $L$  (m), luas penampang

$A(m^2)$  dan resistivitas  $\rho$  ( $\Omega \cdot m$ ) seperti pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Silinder Konduktor

maka resistansi  $R$  dapat dirumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad 2.1$$

Secara fisis jika memperpanjang silinder konduktor ( $L$ ) maka resistansi akan meningkat dan apabila luas penampang ( $A$ ) berkurang maka resistansi juga meningkat. Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi  $R$  dirumuskan:

$$R = \frac{V}{I} \quad 2.2$$

dengan  $V$  adalah tegangan (volt) dan  $I$  adalah arus listrik (ampere), sehingga dari persamaan 2.1 dan 2.2 tersebut didapatkan nilai resistivitas ( $\rho$ ) sebesar :

$$\rho = \frac{RA}{V} \quad 2.3$$

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktivitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas ( $\rho$ ) dengan satuan mho/m.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad 2.4$$

Dimana  $J$  adalah rapat arus ( $A/m^2$ ).

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### 2.3.2 Konduksi secara elektrolitik

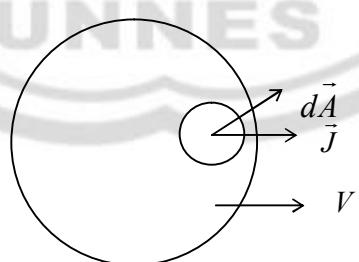
Batuan biasanya bersifat porous dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

### 2.3.3 Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi.

## 2.4 Aliran Listrik di dalam Bumi

Misal ditinjau suatu medium homogen isotropik ( konstan) 3D yang dialiri arus listrik searah  $I$  dan diberi medan listrik  $E$  seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Medium Homogen Isotropik dengan Arus Listrik

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Maka elemen arus listrik  $dI$  yang melalui vektor elemen luas  $dA$  dengan rapat arus

adalah:

$$\text{2.5}$$

Hukum Ohm yang berlaku pada medium 3D menghubungkan rapat arus ( $\mathbf{J}$ ) (*current density*) dengan medan listrik ( $\mathbf{E}$ ) melalui persamaan:

$$\text{2.6}$$

dimana  $\sigma$  adalah konduktivitas medium. Dalam bentuk yang identik dengan hukum Ohm untuk rangkaian listrik sederhana (2.2.2.2) persamaan 2.6 dapat ditulis sebagai:

$$\text{2.7}$$

Mengingat medan listrik  $E$  adalah gradien potensial skalar ( $\mathbf{E} = \nabla V$ ), persamaan 2.6 dan 2.7 disubstitusikan menjadi:

$$\text{2.8}$$

Jika di dalam medium tidak ada sumber arus (*current source*) pada suatu volume yang dilingkupi oleh permukaan  $\Sigma$ , maka  $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$  sehingga:

$$\text{2.9}$$

Sesuai teorema divergensi

$$\text{2.10}$$

sehingga Hukum Kekekalan Muatan

$$\text{2.11}$$

$$\text{2.12}$$

karena  $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$ , maka dihasilkan persamaan *Laplace* untuk potensial listrik

$$\text{2.13}$$

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Potensial  $\nabla$  akibat sumber arus tunggal  $\nabla$  pada medium homogen dengan konstan pada seluruh ruang (*whole space*) lebih sesuai jika dibahas dalam sistem koordinat bola. Dalam koordinat bola operator Laplacian berbentuk:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \frac{\partial V}{\partial r}) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta}) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad 2.14$$

Karena anggapan homogen dan sifat simetri dari sistem yang ditinjau maka potensial hanya merupakan fungsi dari jarak  $r$  atau  $V(r)$ , sehingga persamaan *Laplace* dalam sistem koordinat bola menjadi :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} = 0 \quad 2.15$$

Integrasi dua kali berturut-turut terhadap persamaan 2.15 menghasilkan :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} = 0 \quad 2.16$$

$$V(r) = A \quad 2.17$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} = 0 \quad 2.18$$

$$V(r) = B \quad 2.19$$

$$V(r) = B \quad 2.20$$

dimana A dan B adalah konstanta sembarang. Nilai konstanta tersebut ditentukan dengan menerapkan syarat batas yang harus dipenuhi potensial  $\nabla \rightarrow 0$  yaitu :

- (1) Pada  $r \rightarrow \infty$  (jarak sangat jauh)

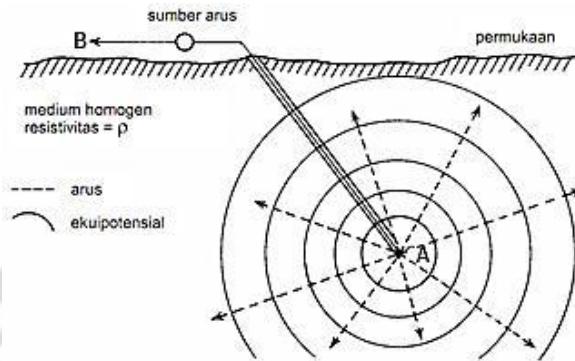
$\nabla \rightarrow 0$ , sehingga  $B = 0$  dan

$$V(r) = A \quad 2.21$$

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

(2) Potensial di sekitar titik arus

a. Titik arus di dalam bumi



Gambar 2.6 Sumber Arus Tunggal A dalam Medium Homogen Isotropik, di mana Pasangan Sumber Arus B Dianggap Terletak Tak Hingga

Pada Gambar 2.6 arus keluar secara radial dari titik arus sehingga jumlah arus yang keluar melalui permukaan bola A dengan jari-jari  $r$  adalah :

$$I = 4\pi r^2 \sigma I = 4\pi r^2 \frac{\sigma}{\rho} I = 4\pi r^2 \frac{I}{\rho} \quad 2.22$$

sehingga

$$A = \frac{I}{4\pi r^2} \quad 2.23$$

Dengan demikian potensial listrik  $V$  sebagai fungsi jarak  $r$  akibat arus  $I$  pada medium homogen isotropik dengan resistivitas  $\rho$  dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$V(r) = \frac{I}{4\pi \rho r} \quad 2.24$$

atau

$$\frac{V}{I} = \frac{1}{4\pi \rho r} \quad 2.25$$

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

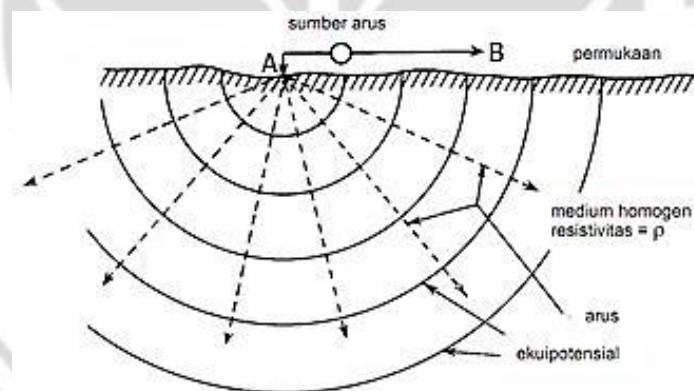
Berdasarkan persamaan 2.24 permukaan ekuipotensial yaitu permukaan dengan potensial yang sama, membentuk permukaan bola konsentris dengan titik pusat terletak di sumber arus. Dari titik tersebut arus listrik mengalir ke segala arah secara homogen dan membentuk lintasan yang tegak lurus terhadap ekuipotensial (Gambar 2.6).

b. Titik arus di permukaan bumi

Jika sumber arus terletak di permukaan medium homogen yang membentuk medium setengah ruang ( $\text{luas } \frac{1}{2} \text{ bola} = 2\pi r^2$ ) dengan setengah ruang lainnya adalah udara maka persamaan 2.24 menjadi 
$$\frac{\rho}{2\pi r^2} = \frac{Q}{2\pi r^2}$$
 atau

$$\frac{\rho}{2\pi r^2} = \frac{Q}{2\pi r^2}$$

2.26

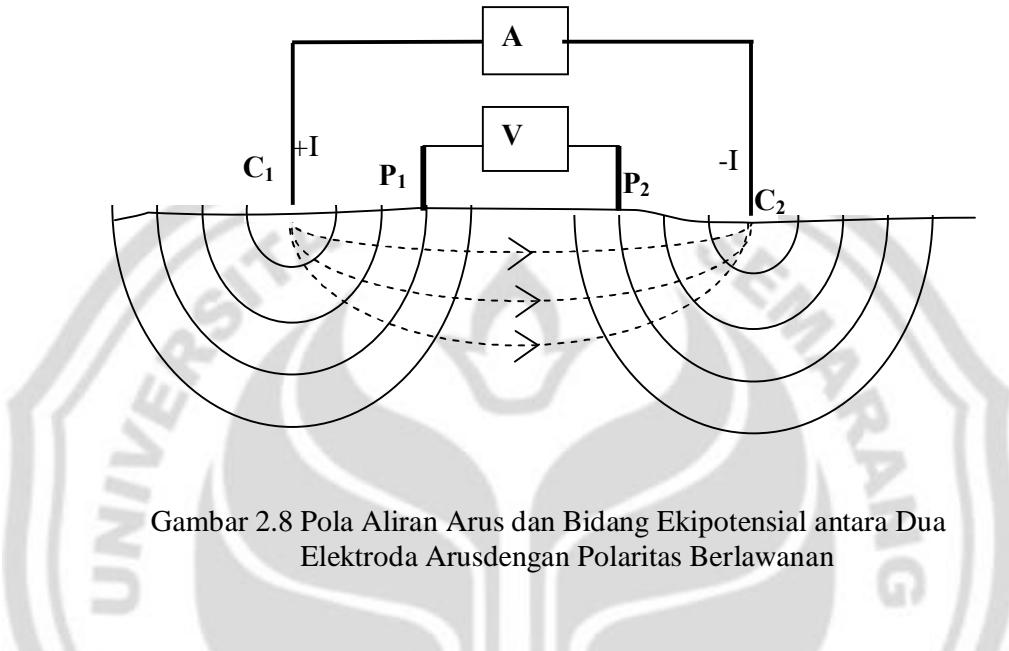


Gambar 2.7 Sumber Arus Tunggal A di Permukaan Medium Homogen Setengah Ruang (*Half Space*), Sementara Pasangan Sumber Arus B Dianggap Terletak di Tak Hingga

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- c. Dua titik arus yang berlawanan polaritasnya di permukaan bumi

Beda potensial yang terjadi antara  $P_1P_2$  yang diakibatkan oleh injeksi arus pada  $C_1C_2$  pada Gambar 2.8 adalah:



Gambar 2.8 Pola Aliran Arus dan Bidang Ekipotensial antara Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan

$$\frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\rho_1 \rho_2} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1 r_2} \right) \quad 2.27$$

$$\frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\rho_1 \rho_2} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1 r_2} \right) \frac{\Delta\varphi}{2} \quad 2.28$$

dengan

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\rho_1 \rho_2} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1 r_2} \right)^{-1} \quad 2.29$$

yang merupakan faktor koreksi karena letak (konfigurasi) elektroda potensial dan elektroda arus.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## 2.5 Resistivitas Batuan

Sifat fisika batuan dan mineral selalu memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak, dan salah satu di antaranya adalah resistivitas (tahanan jenis). Resistivitas menyatakan sifat khas dari suatu bahan, yaitu besarnya hambatan suatu bahan yang memiliki panjang dan luas penampang tertentu dengan satuan  $\Omega\text{m}$ . Satu  $\Omega\text{m}$  menyatakan besarnya hambatan pada suatu bahan yang memiliki panjang 1 m dan luas penampang  $1 \text{ m}^2$ . Hal ini berarti bahwa untuk bahan tertentu, harga resistivitas juga bernilai tertentu. Jika suatu bahan dengan mineral penyusun sama tetapi perbandingannya berbeda, maka resistivitasnya akan berbeda pula. Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga macam, yaitu:

1. Konduktor baik :  $10^{-8} < \rho < 1 \Omega \text{ m}$
2. Konduktor pertengahan :  $1 < \rho < 10^7 \Omega \text{ m}$
3. Isolator :  $\rho > 10^7 \Omega \text{ m}$

Resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantarkan listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik. Harga resistivitas air tanah bervariasi dari 40 s/d  $6 \times 10^2 \Omega\text{m}$  tergantung pada konsentrasi garam-garam terlarutnya. Air laut memiliki resistivitas lebih rendah ( $0,21 \Omega\text{m}$ ) akibat kandungan garam yang relatif tinggi. Hal ini membuat metode resistivitas menjadi teknik yang ideal untuk monitoring intrusi air laut.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Nilai tahanan jenis batuan tergantung dari macam-macam materialnya, densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, kandungan air, kualitas dan suhu. Jenis setiap batuan pada akuifer yang terdiri atas material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila semakin besar kandungan air tanahnya atau semakin besar kandungan garamnya (misal air laut). Menurut Gnansundar dan Elango, sebagaimana dikutip oleh Haryanto (2011: 16), daerah yang terintrusi air laut diindikasikan dengan nilai resistivitas yang sangat kecil.

Tabel 2.1. Harga Tahanan Jenis Beberapa Jenis Bahan (Santoso, 2002: 108)

Bahan	Resistivitas ( $\Omega \cdot m$ )
Udara (dimuka bumi)	~
Kwarsa	$4 \times 10^{10}$
Kalsit	$5.5 \times 10^{13}$
Granit	$5 \times 10^3$ s/d $5 \times 10^7$
Pirit	$2 \times 10^5$
Galena	$1 \times 10^5$ ó 0.25
Batu gamping	60 s/d $3 \times 10^3$
Batu pasir	1 s/d $10^3$
Batu serpih	20 s/d $2 \times 10^3$
Batu Garam	$10^2$ - $10^5$
Lempung dan tanah	1 s/d $10^4$
Air distilasi	$2 \times 10^5$
Air permukaan	30s/d $3 \times 10^3$
Air tanah	40 s/d $6 \times 10^2$
Air laut	0.21

## 2.6 Geolistrik Metode Tahanan Jenis

Metode tahanan jenis adalah salah satu dari kelompok metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi (Santoso, 2002: 111).

Metode geolistrik resistivitas bertujuan untuk mengetahui keadaan geologi bawah permukaan dengan menggunakan tahanan jenis batuan. Perbedaan tahanan jenis berbagai macam batuan mewakili perbedaan karakteristik tiap lapisan batuan tersebut.

Metode geolistrik tahanan jenis pada prinsipnya bekerja dengan menginjeksikan elektroda arus dan elektroda potensial. Elektroda arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ) adalah elektroda dimana sumber arus dialirkan ke medium. Sedangkan elektroda potensial ( $P_1$  dan  $P_2$ ) adalah elektroda tempat potensial diukur.

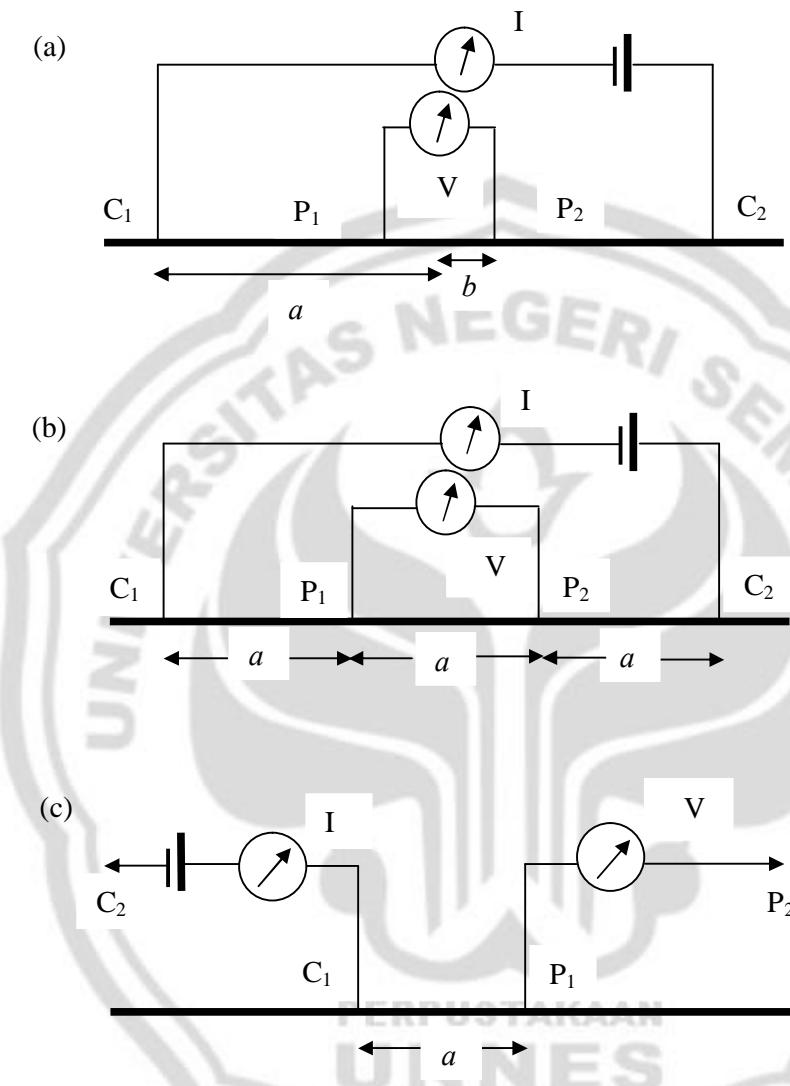
Hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap konfigurasi elektroda tertentu dapat digunakan untuk menurunkan variasi harga tahanan jenis lapisan di bawah titik ukur (*sounding point*). Metode ini lebih efektif dan cocok digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal. Oleh karena itu metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang teknik geologi (*engineering geology*) seperti penentuan kedalaman batuan dasar (*basement*), pencarian tandon air (*reservoir*), eksplorasi panas bumi (*geothermal*) dan intrusi air laut.

Berdasarkan konfigurasi elektroda arus dan potensialnya, dikenal beberapa jenis metode geolistrik tahanan jenis, antara lain metode *Schlumberger*, metode

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Wenner, metode *Pole-Pole*, metode *Pole-Dipole* dan metode *Dipole-Dipole*.

Susunan elektroda arus dan potensial dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Skema Konfigurasi Elektroda  
 (a) Skema Konfigurasi *Schlumberger*,  
 (b) Skema Konfigurasi *Wenner* dan (c) Skema Konfigurasi *Pole-Pole*

Pengukuran geolistrik dapat dilakukan dengan tujuan berbeda yaitu pengukuran untuk *mapping*, *sounding* dan *imaging*. Tujuan *mapping* adalah untuk mengetahui informasi variasi resistivitas secara lateral sehingga teknik *mapping*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

dilakukan dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu dengan jarak antar elektroda tetap, seluruh susunan elektroda dipindah mengikuti lintasan. Tujuan *sounding* adalah untuk memperkirakan variasi resistivitas sebagai fungsi dari kedalaman pada suatu titik pengukuran. Mengingat jarak antar elektroda menentukan kedalaman titik pengukuran, maka pengukuran dilakukan dengan jarak antar elektroda bervariasi. Sedangkan *imaging* bertujuan menggambarkan variasi resistivitas semu baik secara lateral maupun vertikal secara bersamaan. Jika pengukuran dilakukan pada suatu lintasan maka hasilnya membentuk penampang atau profil 2 dimensi (2D) dan 3 dimensi (3D).

Pada metode tahanan jenis, bumi diasumsikan sebagai bola padat yang mempunyai sifat homogen isotropis (permeabilitas tanah pada titik tertentu mempunyai nilai yang sama untuk beberapa arah aliran). Dengan asumsi ini, maka seharusnya resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya dan tidak bergantung atas spasi elektroda. Bumi pada kenyataannya terdiri atas lapisan-lapisan dengan  $\rho$  yang berbeda-beda sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Maka harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, tetapi beberapa lapisan. Hal ini terutama untuk spasi elektroda yang lebar.

$$\rho_{\text{app}} = \rho \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

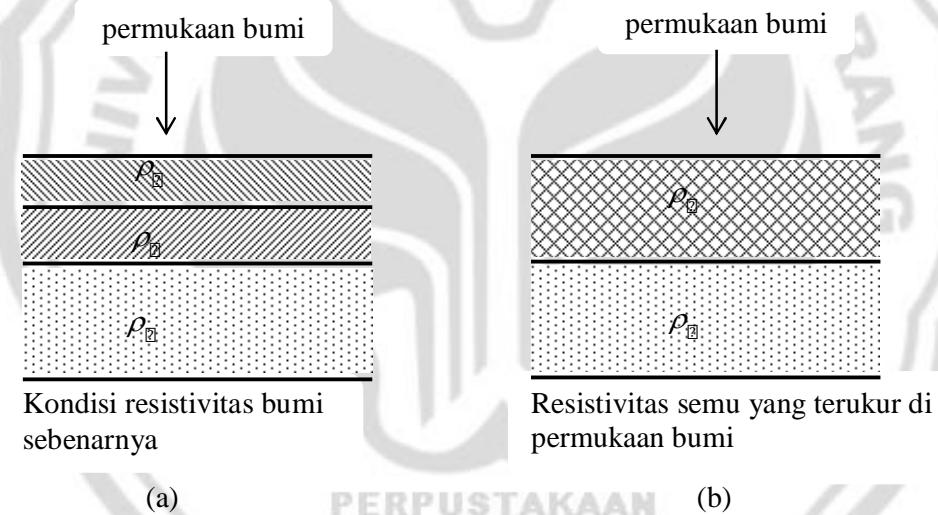
2.30

dengan  $\rho_{\text{app}}$  adalah resistivitas semu (*apparent resistivity*) yang bergantung pada spasi elektroda.

Untuk kasus tak homogen, tinjau bumi yang terdiri dari N lapis dengan menganggap bahwa setiap lapisan horisontal dan homogen isotropis, pemisahan

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

antara lapisan yang satu dengan yang lainnya merupakan bidang batas antara dua buah tahanan jenis yang berbeda. Misalnya medium berlapis terdiri dari dua lapis yang mempunyai tahanan jenis  $\rho_1$  dan  $\rho_2$ . Dalam pengukuran, medium ini dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu nilai tahanan jenis yaitu tahanan jenis/resistivitas semu  $\rho_s$ . Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Konduktansi lapisan fiktif ini sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan, yaitu  $\sigma_f = \sigma_1 + \sigma_2$ . Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Skema Resistivitas Semu Lapisan Tanah

Medium berlapis yang ditinjau terdiri dari dua lapis yang berbeda resistivitasnya ( $\rho_1$  dan  $\rho_2$ ) dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang mempunyai satu harga resistivitas, yaitu resistivitas semu  $\rho_s$ , dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan

$$\sigma_f = \sigma_1 + \sigma_2.$$

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Menurut Prasetyawati, sebagaimana dikutip oleh Artanto (2010: 14),

beberapa hal yang mempengaruhi nilai resistivitas semu adalah sebagai berikut:

- a. Ukuran butir penyusun batuan, semakin kecil besar butir maka kelolosan arus akan semakin baik, sehingga mereduksi nilai tahanan jenis.
- b. Komposisi mineral dari batuan, semakin meningkat kandungan mineral akan mengakibatkan menurunnya nilai resisivitas.
- c. Kandungan air, air tanah atau air permukaan merupakan media yang mereduksi nilai tahanan jenis.
- d. Kelarutan garam dalam air di dalam batuan akan mengakibatkan meningkatnya kandungan ion dalam air sehingga berfungsi sebagai konduktor.
- e. Kepadatan, semakin padat batuan akan meningkatkan nilai resistivitas.
- f. Porositas, yaitu perbandingan antara volume rongga (pori) terhadap volume batuan itu sendiri. Volume pori-pori batuan yang besar akan memberikan kandungan cairan yang lebih banyak sehingga harga resistivitasnya akan semakin kecil.

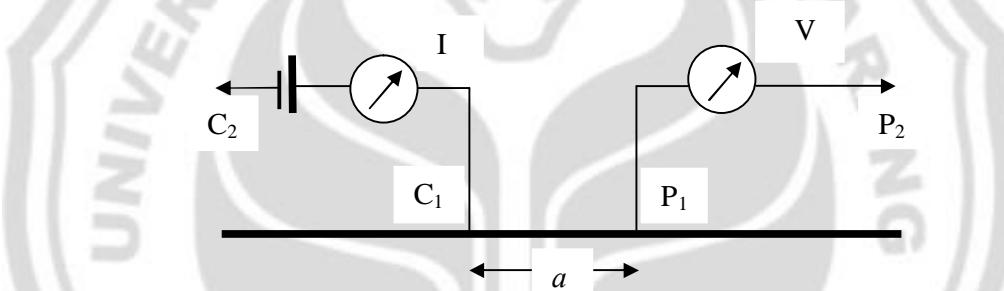
## 2.7 Konfigurasi Pole-Pole

Konfigurasi *Pole-Pole* merupakan konfigurasi elektroda elementer dimana terdapat satu titik sumber dan satu titik ukur potensial. Untuk itu salah satu elektroda arus ( $C_2$ ) dan elektroda potensial ( $P_2$ ) ditempatkan ditempat yang cukup jauh relatif terhadap  $C_1$  dan  $P_1$  sehingga pengaruhnya dapat diabaikan.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Konfigurasi *Pole-Pole* sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik karena memiliki keunggulan untuk mendeteksi adanya besarnya tahanan jenis (*resistivitas*) bawah permukaan tanah. Selain itu, operasi lapangannya lebih mudah, yaitu hanya memindahkan elektroda  $C_1$  dan  $P_1$  saja.

Konfigurasi ini bertujuan mencatat gradien potensial atau intensitas medan listrik dengan menggunakan pasangan elektroda detektor (potensial) yang berjarak relatif dekat dibanding dengan jarak elektroda arus. Dalam susunan ini empat elektroda terletak dalam suatu garis lurus. Susunan elektroda untuk konfigurasi *Pole-Pole* ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Susunan elektroda dengan konfigurasi *Pole-Pole*

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 dapat diukur, sehingga semakin dalam pula lapisan yang terdeteksi.

Untuk konfigurasi elektroda *Pole-Pole* faktor geometrinya sebagai berikut :

$$k = \frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_2)^2} \quad 2.31$$

$$k = 2/a \quad 2.32$$

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Dimana  $a$  adalah jarak antara  $C_1$  dan  $P_1$ . Untuk memperoleh informasi mengenai resistivitas pada kedalaman yang berbeda maka pengukuran dilakukan dengan memvariasikan  $a$ .

Dari hambatan jenis yang terbaca dalam konfigurasi *Pole-Pole* dapat dinyatakan dalam rumus :

$$\rho = 2\pi a \frac{\sigma}{\sigma} \quad 2.33$$



## BAB 3

# METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Bledug Kuwu, Desa Kuwu, Kecamatan Kradenan, Kabupaten Grobogan. Lokasi Bledug Kuwu terletak pada koordinat  $7^{\circ}07'03.90''$  LS dan  $111^{\circ}07'17.61''$  BT. Pada peta ditunjukkan seperti Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penetitian

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan penelitian secara langsung di sekitar Bledug Kuwu dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *pole-pole* dengan teknik 2D dan 3D.

### 3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan secara langsung di sekitar Bledug Kuwu yaitu pada tanggal 13 dan 14 Juni 2011.

## 3.2 Alat dan Susunan Alat Penelitian

### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *resistivimeter* tipe *Naniura NRD 22* seperti Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Resistivimeter *Naniura NRD 22*

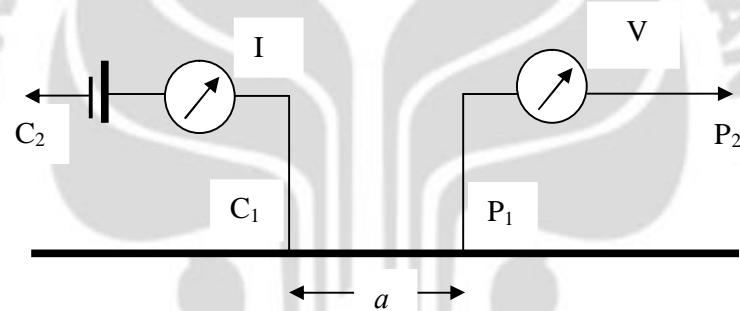
[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

dan dilengkapi dengan :

- 4 buah elektroda ( 2 arus elektroda dan 2 elektroda potensial).
- 4 gulung kabel
- Baterai kering 24 volt
- 1 buah palu untuk menanam elektroda
- 4 buah jepit buaya
- GPS

### 3.2.2 Susunan Alat Penelitian

Skema susunan peralatan ditunjukkan pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Skema susunan elektroda geolistrik konfigurasi *pole-pole*

### 3.3 Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan jarak spasi elektroda untuk masing-masing teknik pengukuran.

Teknik 2D menggunakan spasi elektroda 5 m dan panjang bentangannya 100m.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Sedangkan untuk teknik 3D, spasi elektrodanya 5 m, panjang bentangan  $x = 20$  m dan  $y = 20$  m.

2. Menyusun rangkaian alat *resistivitymeter* dan memasang elektroda sesuai dengan skala yang telah ditentukan.
3. Mengaktifkan *resistivitymeter* dan mencatat arus listrik ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ) antara 2 titik elektroda.
4. Memindah elektroda sesuai spasi yang telah ditentukan kemudian mengukur kembali arus listrik ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ).
5. Melakukan pengukuran seperti langkah 1- 4 untuk titik lokasi lainnya.

Penelitian ini dilakukan di 3 tempat, yaitu di sisi Barat, sisi Selatan dan di Tengah Bledug Kuwu. Penelitian di sisi Barat dan Selatan menggunakan teknik 2D dengan panjang bentangan elektroda 100 m. Sedangkan di bagian Tengah menggunakan teknik 3D dengan bentangan elektroda 20 m. Jarak spasi elektroda untuk 2D dapat dilihat seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Jarak  $C_1$  dan  $P_1$  yang digunakan dalam penelitian 2D

$P_1$ (m)	$C_1$ (m)	V	I
0	5		
0	10		
1	1		
5	10		
5	15		
1	1		
90	100		
95	100		

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Sedangkan jarak spasi elektroda untuk 3D dapat dilihat seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jarak C<sub>1</sub> dan P<sub>1</sub> yang digunakan dalam penelitian 3D

(P <sub>1</sub> )		(C <sub>1</sub> )		V	I
X	Y	X	Y		
0	0	5	0		
0	0	10	0		
1	1	1	1		
5	0	10	0		
5	0	15	0		
1	1	1	1		
10	20	20	20		
15	20	20	20		

### 3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan *Microsoft Excel*, software *Res2DInv*, software *Res3DInv* dan *Corel Draw X4*. Beberapa hal yang dilakukan dalam tahap ini adalah :

- Data berupa nilai beda potensial (V) dan nilai kuat arus (I) yang diinjeksikan diolah menggunakan program *Microsoft Excel* untuk mendapatkan nilai faktor geometri (*K*) dan nilai resistivitas semu ( $\rho_a$ ).
- Data resistivitas semu ( $\rho_a$ ) hasil perhitungan, data datum point (dp), spasi elektroda (a) dan faktor pemisah elektroda (n) diinput ke program *notepad* dalam bentuk *file text*.
- Setelah file data lapangan sudah berada dalam bentuk *file text* dan mengikuti format data *Res2DInv* dan *Res3DInv*, selanjutnya dilakukan inversi untuk menampilkan gambar penampang bawah permukaan daerah survei.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

- d). Hasil invers dari *Res3DInv* berupa penampang horizontal dan vertikal kemudian diolah dengan program *Corel Draw X4*.

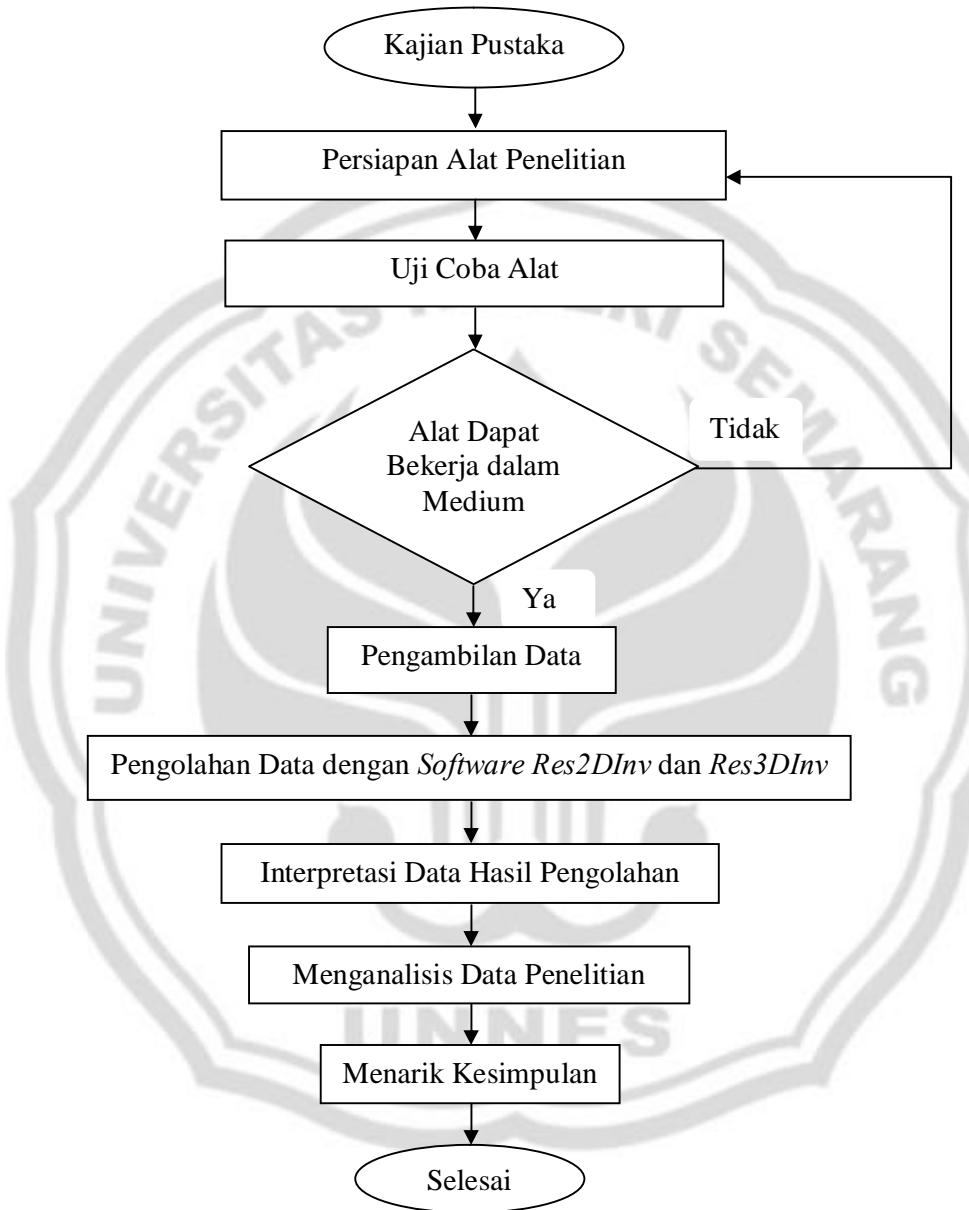
### 3.5 Interpretasi Data

Pada tahapan ini akan terlihat bagaimana sebaran variasi nilai-nilai resistivitas bawah permukaan daerah survei dari warna yang di berikan pada gambar penampang hasil pemrosesan. Dari perbedaan nilai resistivitas dan warna ini dapat ditafsirkan adanya intrusi air garam di bawah permukaan.



### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan seperti Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Penelitian

## BAB 4

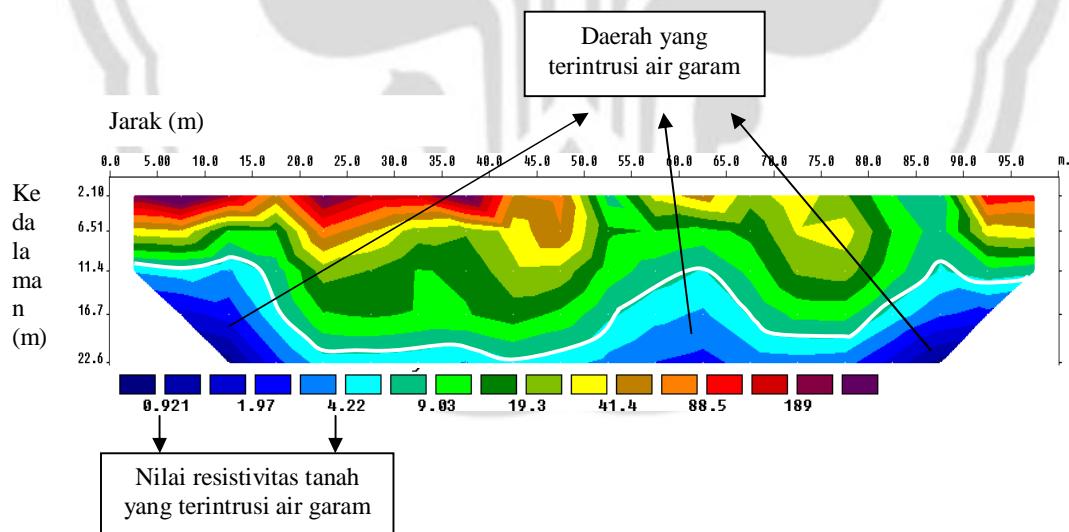
# HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di 3 tempat yaitu di Tengah kawasan Bledug Kuwu, sisi sebelah Barat dan sisi sebelah Selatan.

#### 4.1.1 Sisi Barat Bledug Kuwu

Penelitian di sisi Barat diperoleh hasil bahwa sampai jarak 100 m dari area Bleduk Kuwu, tanahnya masih terintrusi air garam dengan nilai resistivitas sekitar 0,921 m ÷ 4,22 m dengan kedalaman mulai 11 m dari permukaan tanah. Penampang resistivitas lapisan tanahnya dapat dilihat seperti pada Gambar 4.1.

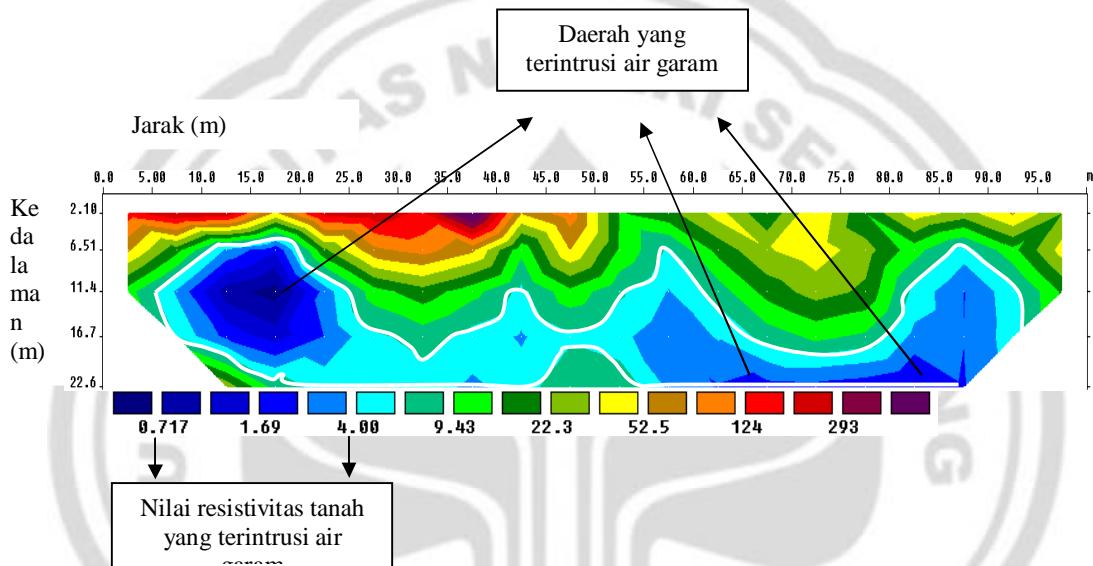


Gambar 4.1 Penampang resistivitas tanah di sisi Barat

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

#### 4.1.2 Sisi Selatan Bledug Kuwu

Penelitian di sisi Selatan diperoleh hasil bahwa sampai jarak 100 m dari area Bleduk Kuwu, tanahnya juga masih terintrusi air garam dengan nilai resistivitas sekitar 0,717 m ó 4,00 m dengan kedalaman mulai 6,5 m dari permukaan tanah. Penampang resistivitas lapisan tanahnya dapat dilihat seperti Gambar 4.2.



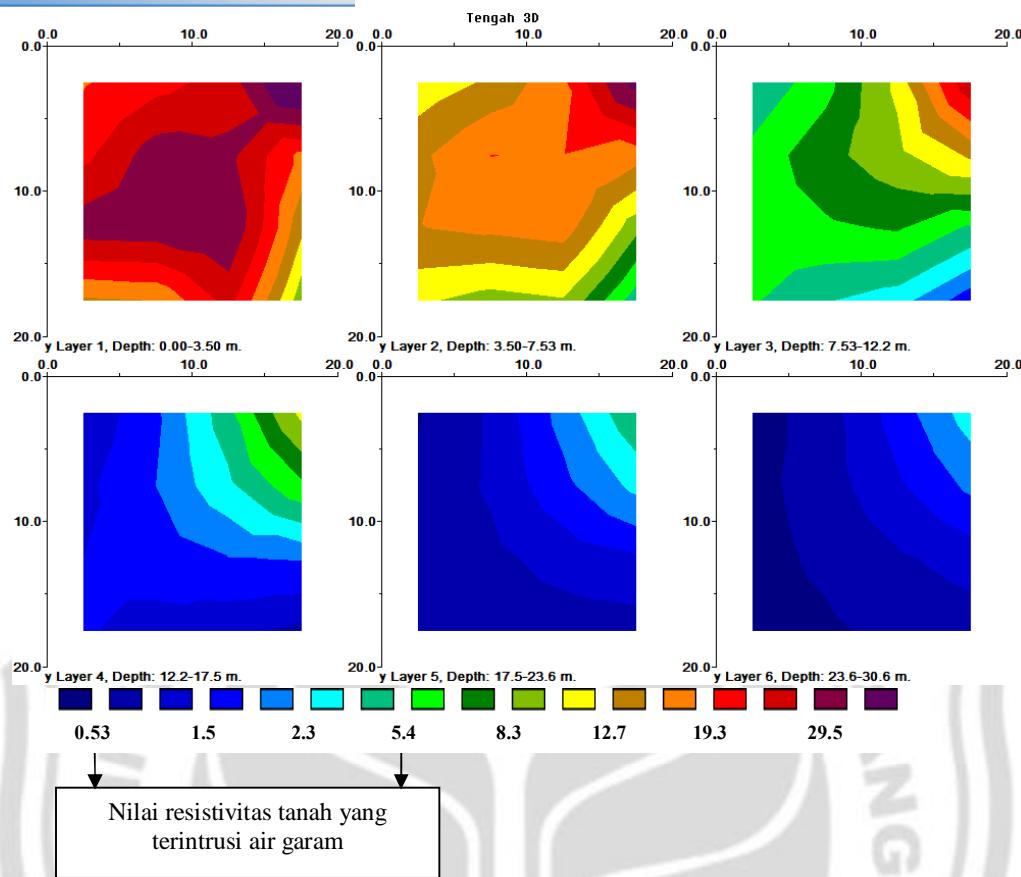
Gambar 4.2 Penampang resistivitas tanah di sisi Selatan

#### 4.1.3 Tengah Bledug Kuwu

##### 4.1.3.1 Penampang Horizontal

Profil dari penampang horizontal dibagi menjadi 6 lapisan dan masing-masing lapisan mempunyai variasi nilai resistivitas yang berbeda. Seperti pada Gambar 4.3.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

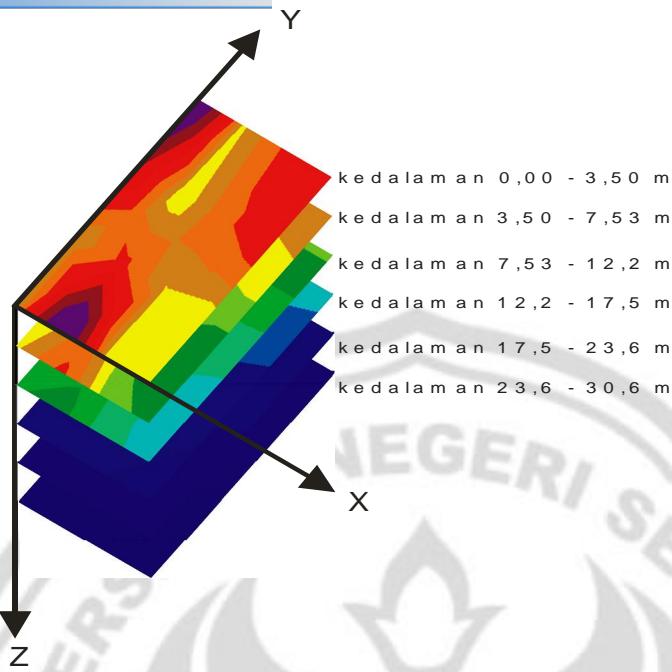


Gambar 4.3 Penampang resistivitas secara horizontal pada lapisan 1 sampai 6

Gambar 4.3 di atas merupakan model inversi hasil pengolahan data dengan software *Res3DInv 3.2* yang memperlihatkan penampang resistivitas tanah terintrusi air garam secara horizontal.

Penampang resistivitas pada Gambar 4.3 apabila digabung akan diperoleh penampang seperti Gambar 4.4.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Gambar 4.4 Penampang horizontal dalam arah sumbu x, y dan z.

Nilai resistivitas lapisan tanah sesuai penampang horizontal ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Resistivitas Lapisan Tanah Dilihat Secara Horizontal

Lapisan	Kedalaman Lapisan Tanah (m)	Resistivitas Tanah ( $\Omega\text{m}$ )
1	0 ó 3,50	12,7 ó 29,5
2	3,50 ó 7,53	8,3 ó 19,3
3	7,53- 12,2	2,3 ó 12,7
4	12,2 ó 17,5	1,5 ó 5,4
5	17,5 ó 23,6	0,53 ó 1,5
6	23,6 ó 30,6	0,53 ó 1,5

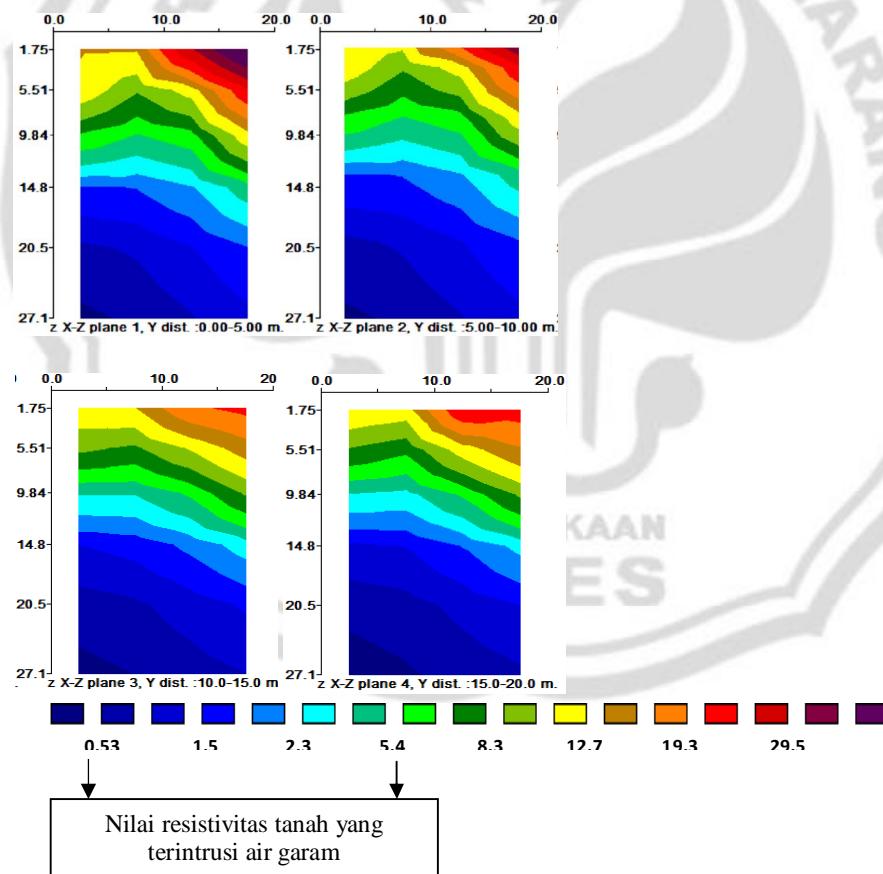
Dari Tabel 4.1 diperoleh bahwa ada perbedaan nilai resistivitas tiap lapisan tanah. Semakin dalam lapisan tanah semakin kecil nilai resistivitasnya. Artinya semakin ke dalam semakin besar intrusinya (kandungan air garamnya semakin banyak).

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Pada penampang horizontal diperoleh hasil bahwa intrusi air garam di area Bleduk Kuwu terjadi mulai kedalaman 7,53 m ó 30,6 m. Nilai resistivitas tanah yang diperoleh sekitar 0,53 m ó 5,4 m.

#### 4.1.3.2 Penampang Vertikal

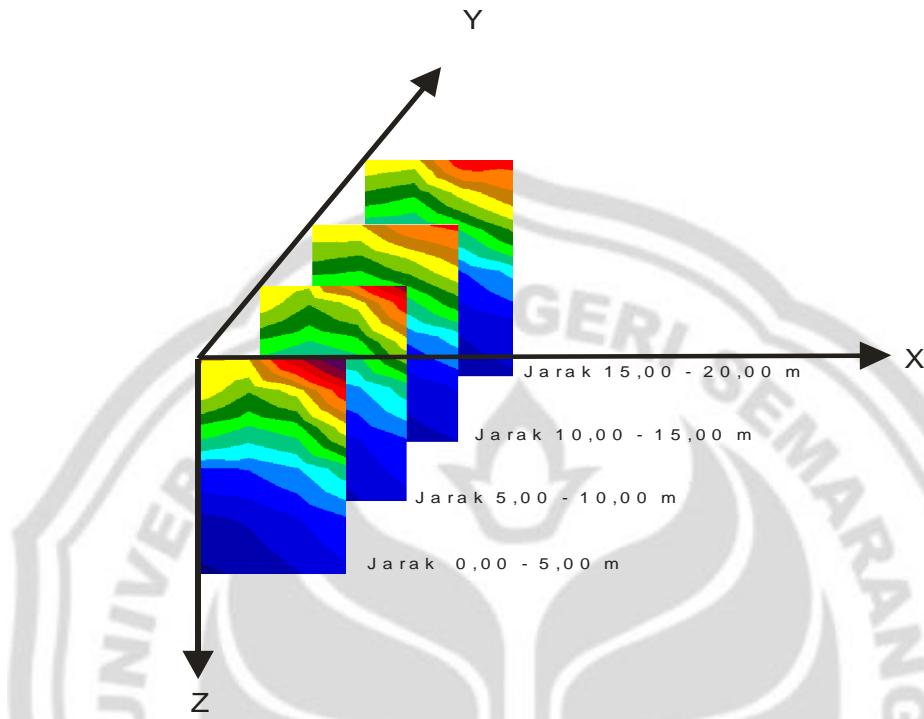
Profil dari penampang vertikal terdiri dari penampang XZ dan YZ. Masing-masing penampang terbagi menjadi 4 dan mempunyai variasi nilai resistivitas yang berbeda. Penampang vertikal XZ merupakan perpotongan penampang pada sumbu X dan Z secara vertikal, ditunjukkan seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Penampang resistivitas secara vertikal XZ pada potongan 1- 4

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Penampang resistivitas pada Gambar 4.5 apabila digabung akan diperoleh penampang seperti Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Penampang vertikal dalam arah sumbu x dan sumbu z

Nilai resistivitas tanah yang terintrusi air garam sesuai penampang vertikal XZ ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Resistivitas Tanah yang Terintrusi Air Garam Dilihat Secara Vertikal XZ

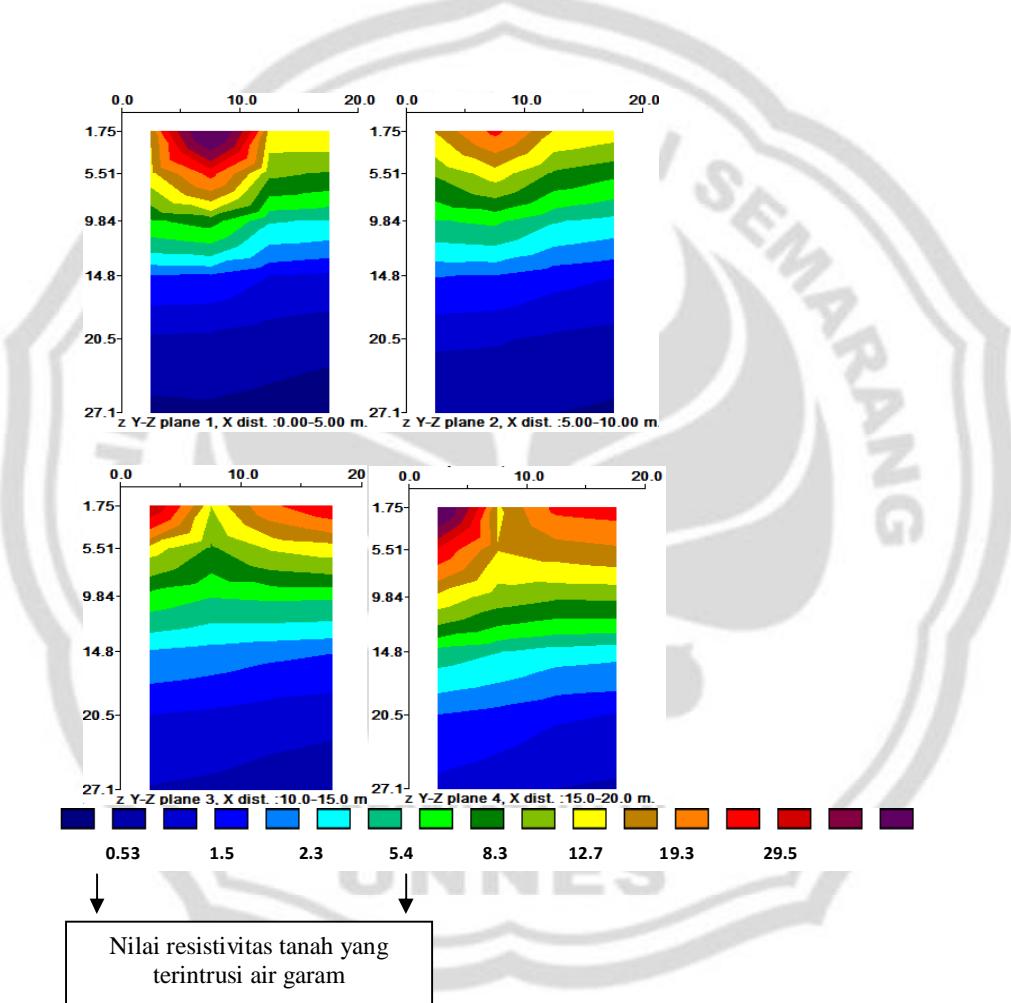
Jarak (m)	Kedalaman Tanah Yang Mulai Terintrusi (m)	Resistivitas Tanah ( $\Omega\text{m}$ )
0 ó 5	9	0,53 ó 5,4
5 ó 10	8	0,53 ó 5,4
10 ó 15	7,5	0,53 ó 5,4
15 ó 20	7,5	0,53 ó 5,4

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Dari Tabel 4.2 diperoleh hasil bahwa semakin mendekati area pusat letusan

Bledug Kuwu, intrusinya semakin dangkal. Artinya semakin ke Tengah maka semakin besar intrusinya.

Penampang vertikal YZ merupakan perpotongan penampang pada sumbu Y dan Z secara vertikal, ditunjukkan seperti pada Gambar 4.7.

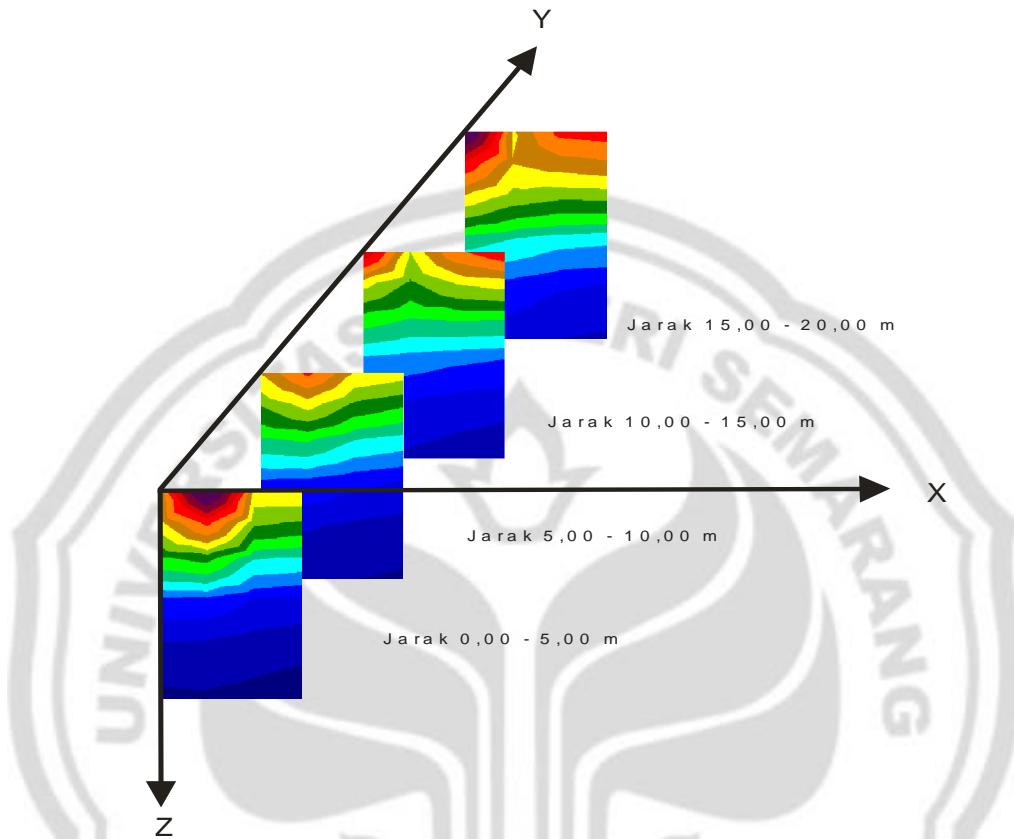


Gambar 4.7 Penampang resistivitas secara vertikal YZ pada potongan 1- 4

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Penampang resistivitas pada Gambar 4.7 apabila digabung akan diperoleh

penampang seperti Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Penampang vertikal dalam arah sumbu y dan sumbu z  
Nilai resistivitas tanah yang terintrusi air garam sesuai penampang vertikal

YZ ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Resistivitas Tanah yang Terintrusi Air Garam dilihat secara  
vertikal YZ

Jarak (m)	Kedalaman Tanah Yang Mulai Terintrusi (m)	Resistivitas Tanah ( $\Omega\text{m}$ )
0 ó 5	9	0,53 ó 5,4
5 ó 10	8	0,53 ó 5,4
10 ó 15	7,5	0,53 ó 5,4
15 ó 20	7,5	0,53 ó 5,4

Dari Tabel 4.3 diperoleh hasil bahwa semakin ke Barat dari pusat letusan Bledug Kuwu, intrusinya semakin dalam. Artinya semakin menjauhi pusat letusan maka semakin kecil intrusinya.

## 4.2 Pembahasan

Penelitian di sisi Barat dan Selatan menggunakan teknik 2 dimensi (2D) diperoleh data berupa penampang lateral (jarak) dan vertikal (kedalaman). Adapun data hasil pengukuran geolistrik untuk kasus 2D terlampir pada Lampiran1 dan 2. Dari data pada Lampiran 1 dan 2, kemudian diolah menggunakan *software Res2Dinv* untuk keperluan interpretasi dan analisis.

*Software Res2Dinv* mendukung teknik model menggunakan *finite-difference* dan *finite-element* sehingga penampang warna lapisan-lapisan tipis dengan nilai resistivitas berbeda terlihat pada gambar. Warna lapisan-lapisan tipis ini bukan menunjukkan lapisan tanah, akan tetapi menunjukkan sebuah pendekatan nilai resistivitas jika terdapat perbedaan nilai resistivitas yang besar dalam *range* data.

Daerah resistivitas yang diperoleh ditandai dengan tanda warna putih. Nilai resistivitas yang diperoleh berdasarkan warna yang dominan. Pada Gambar 4.1 dan 4.2, tanah yang terintrusi air garam ditunjukkan dengan warna biru di bawah permukaan lapisan tanah.

Penelitian di Tengah area Bleduk Kuwu menggunakan teknik 3D diperoleh profil penampang 3 dimensi berupa horizontal, vertikal XZ dan vertikal YZ. Dari penampang horizontal diperoleh variasi resistivitas lapisan tanah yang terintrusi

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

air garam secara horizontal, sedangkan variasi resistivitas lapisan tanah secara vertikal diperoleh dari penampang vertikal XZ dan vertikal YZ.

Adapun data hasil pengukuran geolistrik untuk kasus 3D terlampir pada Lampiran 3. Dari data pada Lampiran 3, kemudian diolah menggunakan *software Res3DInv* untuk keperluan interpretasi dan analisis.

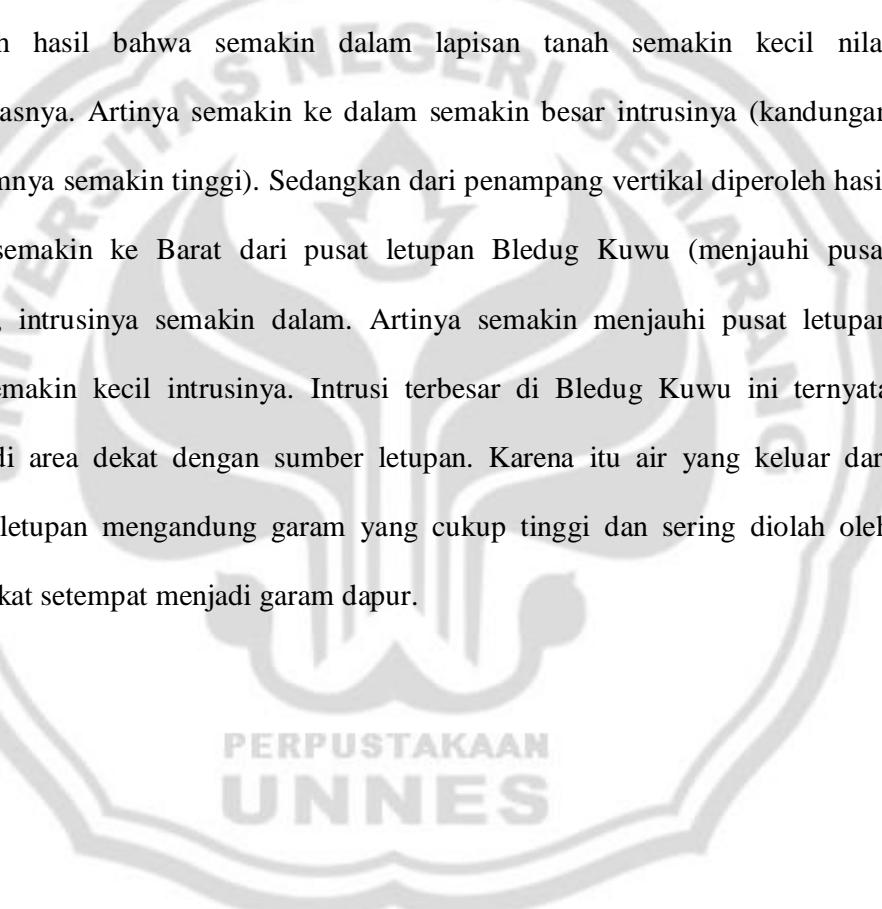
Daerah resistivitas yang diperoleh ditandai dengan tanda warna putih. Nilai resistivitas yang diperoleh berdasarkan warna yang dominan. Pada Gambar 4.3, 4.5 dan 4.7, tanah yang terintrusi air garam ditunjukkan dengan warna biru di bawah permukaan lapisan tanah.

Resistivitas tanah yang terintrusi air garam di Tengah area Bledug Kuwu adalah  $0,53 \text{ } \Omega \text{ m}$  ó  $5,4 \text{ } \Omega \text{ m}$ . Sedangkan di sisi Barat, resistivitas tanah yang terintrusi air garam sekitar  $0,921 \text{ } \Omega \text{ m}$  ó  $4,22 \text{ } \Omega \text{ m}$  dan di sisi Selatan sebesar  $0,717 \text{ } \Omega \text{ m}$  ó  $4,00 \text{ } \Omega \text{ m}$ . Nilai resistivitas ini berbeda dengan nilai resistivitas air laut pada tabel 2.1. Pada Tabel 2.1, nilai resistivitas air laut tersebut adalah nilai resistivitas air laut murni, sedangkan dalam penelitian ini nilai resistivitas yang terukur adalah nilai resistivitas air payau karena air garam bercampur dengan air tawar dalam tanah.

Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa sampai jarak 100 m dari Bledug Kuwu, baik sisi Barat maupun sisi Selatan masih terintrusi air garam. Di sisi Barat, kedalaman intrusinya tidak sama tetapi seperti bergelombang. Intrusi paling dalam terjadi pada jarak  $20 \text{ m}$  ó  $53 \text{ m}$ , yaitu dengan kedalaman 20 m. Pada daerah ini intrusinya lebih kecil dibandingkan daerah sekitarnya. Sedangkan di sisi Selatan, terjadi cembungan dan tidak merata ke dalam lapisan tanah.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Kemungkinan lapisan tanah di area ini berupa pasir sehingga pori-porinya banyak diisi oleh air garam. Intrusi air garam di sisi Barat maupun Selatan tidak sebesar di Tengah Bledug Kuwu (dekat pusat letusan). Penelitian di Tengah area Bledug Kuwu diperoleh hasil bahwa semakin mendekati pusat letusan, intrusinya semakin dangkal. Artinya semakin mendekati pusat letusan, intrusinya semakin besar dan kandungan garamnya semakin tinggi. Dari penampang horizontal diperoleh hasil bahwa semakin dalam lapisan tanah semakin kecil nilai resistivitasnya. Artinya semakin ke dalam semakin besar intrusinya (kandungan air garamnya semakin tinggi). Sedangkan dari penampang vertikal diperoleh hasil bahwa semakin ke Barat dari pusat letusan Bledug Kuwu (menjauhi pusat letusan), intrusinya semakin dalam. Artinya semakin menjauhi pusat letusan maka semakin kecil intrusinya. Intrusi terbesar di Bledug Kuwu ini ternyata berada di area dekat dengan sumber letusan. Karena itu air yang keluar dari sumber letusan mengandung garam yang cukup tinggi dan sering diolah oleh masyarakat setempat menjadi garam dapur.



PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 Simpulan

Pada jarak sejauh 100 m dari area Bledug Kuwu masih terjadi intrusi air garam, baik dari sisi Barat maupun Selatan. Intrusi air garam di sisi Barat terjadi mulai kedalaman sekitar 11 m. Sedangkan di sisi Selatan terjadi mulai kedalaman sekitar 6,5 m. Di Tengah area Bledug Kuwu, intrusi terjadi mulai kedalaman sekitar 7,5 m. Resistivitas tanah yang terintrusi air garam di Tengah area Bledug Kuwu adalah  $0,53 \pm 5,4 \text{ } \mu\Omega\text{m}$ . Sedangkan di sisi Barat, sekitar  $0,921 \pm 4,22 \text{ } \mu\Omega\text{m}$  dan di Selatan sekitar  $0,717 \pm 4,00 \text{ } \mu\Omega\text{m}$ .

#### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, hendaknya penelitian dilakukan di tempat lain yang belum diteliti dan dilakukan selama selang waktu beberapa bulan sebagai fungsi waktu sehingga diperoleh data pembanding antara penelitian sekarang dengan penelitian beberapa bulan kemudian. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pola penyebaran intrusi air garam, cenderung tetap atau bertambah luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Artanto, S.B., Fujianto, E., & Hasanah, J. 2010. *Mengukur Resistivitas Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Sounding Konfigurasi Schlumberger*. PKM-GT. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Davies, R.J., Brumm, M., Manga, M., Rubiandini, R., Swarbrick, R., Tingay, M., 2008. The East Java mud volcano (2006 to present): An earthquake or drilling trigger?. *Journal Earth and Planetary Science Letters* . 272 (2008) 6276638.
- Davies, R.J., Swarbrick, R.E., Evans, R.J. and Huuse, M., 2007. Birth of a mud volcano: East Java, 29 May 2006. *GSA Today*. 17(2): 4-9.
- Dewi, C., Astika, I., W., & Pramono, G., H., 2011. Assessment of Mud Volcano Vulnerable Area in Sidoarjo Regency, East Java Province, Indonesia. *Journal of Applied Sciences Research*. 7(6): 722-731.
- Indriana, R.D., Nurwidjunto, I.M., & Haryono, K.W. 2007. Interpretasi Bawah Permukaan Dengan Metode Self Potential Daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan. *Berkala Fisika*. 10(3): 155 - 167.
- Irham, M., N., T., Reyfana A., Widodo, S., 2006. Pemetaan Sebaran Air Tanah Asin Pada Aquifer Dalam Di Wilayah Semarang Bawah. *Berkala Fisika*. 9 (3): 137-143.
- Hariyadi. 2006. *Penentuan Kedalaman Aquifer Air Asin Di Daerah Ngaglik Sambi Boyolali Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Haryanto, Andi. 2011. *Aplikasi Metode Resistivitas Menggunakan Geolistrik Untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering Studies*.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Suhendra. 2006. Pencitraan Konduktivitas Bawah Permukaan dan Aplikasinya untuk Identifikasi Penyebaran Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2D. *Jurnal Gradien*. 2(1): 105-108.



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Syahputra, Benny. 2009. Perancangan Trickling Filter Dengan Media Batu Apung Sebagai Upaya Penurunan Salinitas Air Payau (Studi Kasus Intrusi Air Laut Di Semarang). *Jurnal Studi Lingkungan*. 1(1): 47-56.

Wijaya, L., Legowo, B., & Ramelan, A.H. 2009. Identifikasi Pencemaran Air Tanah Dengan Metode Geolistrik Di Wilayah Ngringo Jaten Karanganyar. *Prosiding Seminar Nasional ke-15 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir ISSN : 0854 ó 2910*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.



[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lampiran 1. Data Penelitian

#### DATA RESISTIVITY 2D

Konfigurasi : Pole-pole

Tempat : Bledug Kuwu, Kec. Kradenan, Kab. Grobogan  
 Observer : Susi Atmiati  
 Tanggal : 13 Juni 2011  
 Instrumen : *Resistivimeter Naniura NRD 22*

#### Data pengukuran di sisi barat

No	P <sub>1</sub> (m)	C <sub>1</sub> (m)	a	k	I (mA)	V (volt)	Rho (Ωm)
1	0	5	5	31	20.0	106.2	166.8
2	0	10	10	63	22.0	3.4	9.7
3	0	15	15	94	24.0	1.6	6.3
4	0	20	20	126	24.0	0.5	2.6
5	0	25	25	157	22.0	0.2	1.4
6	5	10	5	31	16.0	52.2	102.5
7	5	15	10	63	23.0	2.2	6.0
8	5	20	15	94	23.0	1.2	4.9
9	5	25	20	126	21.0	1.0	6.0
10	5	30	25	157	21.0	0.2	1.5
11	10	15	5	31	22.0	14.2	20.3
12	10	20	10	63	22.0	14.0	40.0
13	10	25	15	94	22.0	1.5	6.4
14	10	30	20	126	21.0	1.2	7.2
15	10	35	25	157	22.0	0.3	2.1
16	15	20	5	31	22.0	62.6	89.4
17	15	25	10	63	22.0	3.8	10.9
18	15	30	15	94	20.0	1.3	6.1
19	15	35	20	126	21.0	0.5	3.0
20	15	40	25	157	22.0	0.3	2.1
21	20	25	5	31	21.0	25.0	37.4
22	20	30	10	63	19.0	2.4	7.9
23	20	35	15	94	19.0	0.9	4.5
24	20	40	20	126	18.0	1.1	7.7
25	20	45	25	157	19.0	0.4	3.3
26	25	30	5	31	19.0	74.5	123.2
27	25	35	10	63	19.0	9.1	30.1
28	25	40	15	94	18.0	1.8	9.4



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

29	25	45	20	126	21.0	1.1	6.6
30	25	50	25	157	19.0	0.5	4.1
31	30	35	5	31	18.0	185.4	323.6
32	30	40	10	63	17.0	2.3	8.5
33	30	45	15	94	17.0	1.3	7.2
34	30	50	20	126	21.0	1.1	6.6
35	30	55	25	157	19.0	0.2	1.7
36	35	40	5	31	17.0	6.4	11.8
37	35	45	10	63	18.0	2.5	8.7
38	35	50	15	94	19.0	1.2	6.0
39	35	55	20	126	18.0	1.2	8.4
40	35	60	25	157	19.0	0.6	5.0
41	40	45	5	31	20.0	36.4	57.2
42	40	50	10	63	22.0	2.6	7.4
43	40	55	15	94	23.0	2.0	8.2
44	40	60	20	126	23.0	1.1	6.0
45	40	65	25	157	21.0	0.5	3.7
46	45	50	5	31	21.0	10.7	16.0
47	45	55	10	63	17.0	2.4	8.9
48	45	60	15	94	18.0	2.3	12.0
49	45	65	20	126	21.0	0.9	5.4
50	45	70	25	157	22.0	0.5	3.6
51	50	55	5	31	23.0	15.8	21.6
52	50	60	10	63	18.0	3.2	11.2
53	50	65	15	94	21.0	2.2	9.9
54	50	70	20	126	17.0	1.4	10.3
55	50	75	25	157	18.0	1.7	14.8
56	55	60	5	31	19.0	4.3	7.1
57	55	65	10	63	19.0	2.4	7.9
58	55	70	15	94	17.0	1.3	7.2
59	55	75	20	126	18.0	1.2	8.4
60	55	80	25	157	17.0	0.4	3.7
61	60	65	5	31	21.0	6.8	10.2
62	60	70	10	63	17.0	2.5	9.2
63	60	75	15	94	17.0	1.4	7.8
64	60	80	20	126	18.0	1.0	7.0
65	60	85	25	157	19.0	0.3	2.5
66	65	70	5	31	22.0	50.6	72.3
67	65	75	10	63	23.0	3.3	9.0



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

68	65	80	15	94	21.0	1.9	8.5
69	65	85	20	126	20.0	1.4	8.8
70	65	90	25	157	18.0	0.2	1.7
71	70	75	5	31	19.0	6.0	9.9
72	70	80	10	63	21.0	2.2	6.6
73	70	85	15	94	15.0	1.1	6.9
74	70	90	20	126	18.0	1.1	7.7
75	70	95	25	157	16.0	0.4	3.9
76	75	80	5	31	15.0	15.5	32.5
77	75	85	10	63	16.0	2.5	9.8
78	75	90	15	94	18.0	1.5	7.9
79	75	95	20	126	19.0	1.1	7.3
80	75	100	25	157	17.0	3.0	27.7
81	80	85	5	31	19.0	6.2	10.3
82	80	90	10	63	21.0	2.3	6.9
83	80	95	15	94	21.0	1.1	4.9
84	80	100	20	126	20.0	0.2	1.3
85	85	90	5	31	16.0	8.0	15.7
86	85	95	10	63	18.0	1.9	6.6
87	85	100	15	94	17.0	1.2	6.7
88	90	95	5	31	15.0	3.9	8.2
89	90	100	10	63	19.0	3.4	11.2
90	95	100	5	31	21.0	26.7	39.9

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## Lampiran 2. Data Penelitian

### DATA RESISTIVITY 2D

Konfigurasi : Pole-pole

Tempat : Bledug Kuwu, Kec. Kradenan, Kab. Grobogan  
 Observer : Susi Atmiati  
 Tanggal : 13 Juni 2011  
 Instrumen : *Resistivimeter Naniura NRD 22*

#### Data pengukuran di sisi selatan

No	P1 (m)	C1 (m)	a	k	I (mA)	V (volt)	Rho (Ωm)
1	0	5	5	31	22.0	106.2	151.7
2	0	10	10	63	21.0	3.4	10.2
3	0	15	15	94	22.0	1.6	6.9
4	0	20	20	126	23.0	1.5	8.2
5	0	25	25	157	20.0	1.2	9.4
6	5	10	5	31	25.0	52.2	65.6
7	5	15	10	63	23.0	2.2	6.0
8	5	20	15	94	23.0	1.2	4.9
9	5	25	20	126	23.0	1.3	7.1
10	5	30	25	157	22.0	1.2	8.6
11	10	15	5	31	21.0	14.2	21.2
12	10	20	10	63	21.0	1.5	4.5
13	10	25	15	94	20.0	1.5	7.1
14	10	30	20	126	21.0	1.8	10.8
15	10	35	25	157	24.0	1.3	8.5
16	15	20	5	31	24.0	62.6	81.9
17	15	25	10	63	21.0	3.8	11.4
18	15	30	15	94	21.0	1.5	6.7
19	15	35	20	126	23.0	0.8	4.4
20	15	40	25	157	20.0	0.5	3.9
21	20	25	5	31	20.0	25.0	39.3
22	20	30	10	63	22.0	2.5	7.1
23	20	35	15	94	23.0	2.1	8.6
24	20	40	20	126	24.0	1.1	5.8
25	20	45	25	157	23.0	0.7	4.8
26	25	30	5	31	21.0	74.5	111.5
27	25	35	10	63	22.0	9.1	26.0
28	25	40	15	94	21.0	2.1	9.4



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

29	25	45	20	126	21.0	1.1	6.6
30	25	50	25	157	19.0	0.5	4.1
31	30	35	5	31	18.0	185.4	323.6
32	30	40	10	63	17.0	2.3	8.5
33	30	45	15	94	17.0	1.3	7.2
34	30	50	20	126	21.0	1.1	6.6
35	30	55	25	157	19.0	0.2	1.7
36	35	40	5	31	17.0	6.4	11.8
37	35	45	10	63	18.0	2.5	8.7
38	35	50	15	94	19.0	1.2	6.0
39	35	55	20	126	18.0	1.2	8.4
40	35	60	25	157	19.0	0.6	5.0
41	40	45	5	31	20.0	36.4	57.2
42	40	50	10	63	22.0	2.6	7.4
43	40	55	15	94	23.0	2.0	8.2
44	40	60	20	126	23.0	1.1	6.0
45	40	65	25	157	21.0	0.5	3.7
46	45	50	5	31	21.0	10.7	16.0
47	45	55	10	63	17.0	2.4	8.9
48	45	60	15	94	18.0	2.3	12.0
49	45	65	20	126	21.0	0.9	5.4
50	45	70	25	157	22.0	0.5	3.6
51	50	55	5	31	23.0	15.8	21.6
52	50	60	10	63	18.0	3.2	11.2
53	50	65	15	94	21.0	2.2	9.9
54	50	70	20	126	17.0	1.4	10.3
55	50	75	25	157	18.0	1.7	14.8
56	55	60	5	31	19.0	4.3	7.1
57	55	65	10	63	19.0	2.4	7.9
58	55	70	15	94	17.0	1.3	7.2
59	55	75	20	126	18.0	1.2	8.4
60	55	80	25	157	17.0	0.4	3.7
61	60	65	5	31	21.0	6.8	10.2
62	60	70	10	63	17.0	2.5	9.2
63	60	75	15	94	17.0	1.4	7.8
64	60	80	20	126	18.0	1.0	7.0
65	60	85	25	157	19.0	0.3	2.5
66	65	70	5	31	22.0	50.6	72.3
67	65	75	10	63	23.0	3.3	9.0



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

68	65	80	15	94	21.0	0.9	4.0
69	65	85	20	126	20.0	0.4	2.5
70	65	90	25	157	18.0	2.0	17.5
71	70	75	5	31	19.0	16.0	26.5
72	70	80	10	63	21.0	9.8	29.3
73	70	85	15	94	22.0	1.6	6.9
74	70	90	20	126	22.0	0.7	4.0
75	70	95	25	157	21.0	0.5	3.7
76	75	80	5	31	15.0	15.5	32.5
77	75	85	10	63	16.0	2.5	9.8
78	75	90	15	94	18.0	1.5	7.9
79	75	95	20	126	19.0	1.1	7.3
80	75	100	25	157	19.0	0.5	4.1
81	80	85	5	31	19.0	6.2	10.3
82	80	90	10	63	21.0	4.2	12.6
83	80	95	15	94	21.0	1.4	6.3
84	80	100	20	126	20.0	0.2	1.3
85	85	90	5	31	16.0	8.2	16.1
86	85	95	10	63	18.0	2.5	8.7
87	85	100	15	94	17.0	1.2	6.7
88	90	95	5	31	15.0	3.9	8.2
89	90	100	10	63	19.0	2.4	7.9
90	95	100	5	31	21.0	26.7	39.9

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lampiran 3. Data Penelitian

#### DATA RESISTIVITY 3D Konfigurasi : Pole-pole

Tempat : Bledug Kuwu, Kec. Kradenan, Kab. Grobogan  
 Observer : Susi Atmiati  
 Tanggal : 14 Juni 2011  
 Instrumen : Resistivimeter Naniura NRD 22

#### Data pengukuran di tengah

No	P1		C1		I	V	R	X	Y	A	Rho
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)							
1	0	0	5	0	11.39	10.8	0.9482	5	0	5	29.7886
2	0	0	10	0	18.19	5.2	0.2859	10	0	10	17.9618
3	0	0	15	0	16.93	1.1	0.065	15	0	15	6.1236
4	0	0	20	0	18.75	0.8	0.0427	20	0	20	5.36165
5	0	0	0	5	11.19	8.3	0.7417	0	5	5	23.3023
6	0	0	0	10	13.07	0.8	0.0612	0	10	10	3.84587
7	0	0	0	15	13.3	0.3	0.0226	0	15	15	2.12589
8	0	0	0	20	15.53	0.1	0.0064	0	20	20	0.80917
9	0	0	5	5	16.75	8.3	0.4955	5	5	7.071	22.0155
10	0	0	10	10	16.7	0.8	0.0479	10	10	14.14	4.25665
11	0	0	15	15	13.55	0.2	0.0148	15	15	21.21	1.96733
12	0	0	20	20	16.22	0.1	0.0062	20	20	28.28	1.09566
13	5	0	10	0	18.89	13.7	0.7253	5	0	5	22.7844
14	5	0	15	0	16.71	4.4	0.2633	10	0	10	16.5446
15	5	0	20	0	19.75	1.1	0.0557	15	0	15	5.24924
16	5	0	5	5	16.12	1.1	0.0682	0	5	5	2.14377
17	5	0	5	10	16.01	0.6	0.0375	0	10	10	2.35472
18	5	0	5	15	16.54	0.5	0.0302	0	15	15	2.84909
19	5	0	5	20	17.36	0.9	0.0518	0	20	20	6.51482
20	5	0	10	5	14.43	1.1	0.0762	5	5	7.071	3.38681
21	5	0	15	10	15.55	0.4	0.0257	10	10	14.14	2.28573
22	5	0	20	15	15.83	0.3	0.019	15	15	21.21	2.52596
23	5	0	0	5	11.29	3.8	0.3366	-5	5	7.071	14.9539
24	10	0	15	0	15.81	11.4	0.7211	5	0	5	22.6529
25	10	0	20	0	19.94	5.3	0.2658	10	0	10	16.7005
26	10	0	10	5	14.59	1.3	0.0891	0	5	5	2.79923



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

27	10	0	10	10	14.23	1	0.0703	0	10	10	4.41545
28	10	0	10	15	14.78	0.9	0.0609	0	15	15	5.73904
29	10	0	10	20	13.85	0.8	0.0578	0	20	20	7.25855
30	10	0	15	5	16.95	0.2	0.0118	5	5	7.071	0.52423
31	10	0	20	10	14.33	0.6	0.0419	10	10	14.14	3.72049
32	10	0	5	5	15.87	4.9	0.3088	-5	5	7.071	13.7178
33	10	0	0	10	15.93	0.6	0.0377	-10	10	14.14	3.3468
34	15	0	20	0	19.58	14.1	0.7201	5	0	5	22.6233
35	15	0	15	5	16.03	10.3	0.6425	0	5	5	20.1862
36	15	0	15	10	14.33	0.7	0.0488	0	10	10	3.06925
37	15	0	15	15	13.63	0.5	0.0367	0	15	15	3.45737
38	15	0	15	20	16.14	0.4	0.0248	0	20	20	3.11434
39	15	0	20	5	14.27	0.6	0.042	5	5	7.071	1.86807
40	15	0	10	5	14.42	0.4	0.0277	-5	5	7.071	1.23242
41	15	0	5	10	14.25	0.1	0.007	-10	10	14.14	0.62356
42	15	0	0	15	18.75	0.4	0.0213	-15	15	21.21	2.84345
43	20	0	20	5	13.05	5.5	0.4215	0	5	5	13.2404
44	20	0	20	10	11.58	0.7	0.0604	0	10	10	3.79813
45	20	0	20	15	14.05	0.6	0.0427	0	15	15	4.02482
46	20	0	20	20	15.98	0.4	0.025	0	20	20	3.14552
47	20	0	15	5	16.95	1.5	0.0885	-5	5	7.071	3.93175
48	20	0	10	10	14.65	0.8	0.0546	-10	10	14.14	4.8523
49	20	0	5	15	14.36	0.4	0.0279	-15	15	21.21	3.71272
50	20	0	0	20	15.05	0.6	0.0399	-20	20	28.28	7.085
51	0	5	5	5	15.21	11.7	0.7692	5	0	5	24.1661
52	0	5	10	5	14.29	3.8	0.2659	10	0	10	16.7083
53	0	5	15	5	16.69	1.2	0.0719	15	0	15	6.77635
54	0	5	20	5	16.55	0.8	0.0483	20	0	20	6.07438
55	0	5	0	10	16.09	1.3	0.0808	0	5	5	2.53827
56	0	5	0	15	18.84	0.8	0.0425	0	10	10	2.66802
57	0	5	0	20	16.22	0.1	0.0062	0	15	15	0.58106
58	0	5	5	10	15.39	1.3	0.0845	5	5	7.071	3.75292
59	0	5	10	15	16.96	0.6	0.0354	10	10	14.14	3.14355
60	0	5	15	20	16.71	0.1	0.006	15	15	21.21	0.79765
61	5	5	10	5	14.5	11.1	0.7655	5	0	5	24.0494
62	5	5	15	5	17.05	5	0.2933	10	0	10	18.4258
63	5	5	20	5	16.97	1.3	0.0766	15	0	15	7.21992

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

## Lanjutan

64	5	5	5	10	11.05	7.5	0.6787	0	5	5	21.323
65	5	5	5	15	14.92	1.5	0.1005	0	10	10	6.31688
66	5	5	5	20	17.06	0.6	0.0352	0	15	15	3.31469
67	5	5	10	10	12.78	1	0.0782	5	5	7.071	3.47643
68	5	5	15	15	14.14	0.2	0.0141	10	10	14.14	1.25683
69	5	5	20	20	16.36	0.3	0.0183	15	15	21.21	2.44413
70	5	5	0	10	15.25	1.8	0.118	-5	5	7.071	5.24406
71	10	5	15	5	17.62	11	0.6243	5	0	5	19.6127
72	10	5	20	5	14.03	2.5	0.1782	10	0	10	11.196
73	10	5	10	10	16.06	7.9	0.4919	0	5	5	15.4537
74	10	5	10	15	17.62	1.2	0.0681	0	10	10	4.27913
75	10	5	10	20	15.38	0.4	0.026	0	15	15	2.45118
76	10	5	15	10	17.73	6.6	0.3723	5	5	7.071	16.5387
77	10	5	20	15	17.52	0.9	0.0514	10	10	14.14	4.56461
78	10	5	5	10	15.62	1.3	0.0832	-5	5	7.071	3.69766
79	10	5	0	15	18.85	1	0.0531	-10	10	14.14	4.71393
80	15	5	20	5	13.89	9.3	0.6695	5	0	5	21.0344
81	15	5	15	10	14.27	8.9	0.6237	0	5	5	19.5937
82	15	5	15	15	14.22	1.2	0.0844	0	10	10	5.30227
83	15	5	15	20	16.27	0.7	0.043	0	15	15	4.05491
84	15	5	20	10	15.75	7.8	0.4952	5	5	7.071	22.0028
85	15	5	10	10	13.23	3.5	0.2646	-5	5	7.071	11.7537
86	15	5	5	15	15.75	1.4	0.0889	-10	10	14.14	7.89846
87	15	5	0	20	16.26	0.4	0.0246	-15	15	21.21	3.27888
88	20	5	20	10	15.94	9.5	0.596	0	5	5	18.7234
89	20	5	20	15	15.25	11.2	0.7344	0	10	10	46.1454
90	20	5	20	20	16.34	11.5	0.7038	0	15	15	66.3311
91	20	5	15	10	15.65	2.8	0.1789	-5	5	7.071	7.94893
92	20	5	10	15	15.56	2.1	0.135	-10	10	14.14	11.9924
93	20	5	5	20	16.47	1.8	0.1093	-15	15	21.21	14.5668
94	0	10	5	10	11.33	8.3	0.7326	5	0	5	23.0143
95	0	10	10	10	17.51	1.2	0.0685	10	0	10	4.30601
96	0	10	15	10	19.8	0.8	0.0404	15	0	15	3.80799
97	0	10	20	10	18.12	0.5	0.0276	20	0	20	3.46754
98	0	10	0	15	19.07	12.1	0.6345	0	5	5	19.9335
99	0	10	0	20	16.8	1	0.0595	0	10	10	3.73999
100	0	10	5	15	15.81	7	0.4428	5	5	7.071	19.6712

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

101	0	10	10	20	15.35	0.6	0.0391	10	10	14.14	3.47326
102	5	10	10	10	13.89	10.1	0.7271	5	0	5	22.8438
103	5	10	15	10	14.36	4.1	0.2855	10	0	10	17.9395
104	5	10	20	10	15.55	2	0.1286	15	0	15	12.1219
105	5	10	5	15	15.82	1.8	0.1138	0	5	5	3.5745
106	5	10	5	20	15.7	1.2	0.0764	0	10	10	4.80243
107	5	10	10	15	15.62	1.2	0.0768	5	5	7.071	3.41323
108	5	10	15	20	15.16	0.8	0.0528	10	10	14.14	4.68906
109	5	10	0	15	18.99	6.2	0.3265	-5	5	7.071	14.5055
110	10	10	15	10	13.76	10.2	0.7413	5	0	5	23.288
111	10	10	20	10	14.97	0.9	0.0601	10	0	10	3.77747
112	10	10	10	15	15.43	9.2	0.5962	0	5	5	18.7315
113	10	10	10	20	15.22	0.5	0.0329	0	10	10	2.06412
114	10	10	15	15	14.48	5.7	0.3936	5	5	7.071	17.4892
115	10	10	20	20	16.32	0.4	0.0245	10	10	14.14	2.17788
116	10	10	5	15	15.71	5	0.3183	-5	5	7.071	14.1403
117	10	10	0	20	16.29	0.8	0.0491	-10	10	14.14	4.36379
118	15	10	20	10	17	10.5	0.6176	5	0	5	19.404
119	15	10	15	15	14.85	7	0.4714	0	5	5	14.8089
120	15	10	15	20	15.83	0.8	0.0505	0	10	10	3.17533
121	15	10	20	15	15.12	1.5	0.0992	5	5	7.071	4.40762
122	15	10	10	15	15.08	1.2	0.0796	-5	5	7.071	3.53545
123	15	10	5	20	15.42	0.5	0.0324	-10	10	14.14	2.88125
124	20	10	20	15	14.82	11.2	0.7557	0	5	5	23.7421
125	20	10	20	20	16.22	1.8	0.111	0	10	10	6.97271
126	20	10	15	15	14.63	1.2	0.082	-5	5	7.071	3.6442
127	20	10	10	20	15.4	0.3	0.0195	-10	10	14.14	1.73099
128	0	15	5	15	15.67	10.7	0.6828	5	0	5	21.4518
129	0	15	10	15	15.35	0.9	0.0586	10	0	10	3.68395
130	0	15	15	15	14.95	0.5	0.0334	15	0	15	3.1521
131	0	15	20	15	15.21	0.1	0.0066	20	0	20	0.82619
132	0	15	0	20	16.43	1.4	0.0852	0	5	5	2.67695
133	0	15	5	20	15.54	5.6	0.3604	5	5	7.071	16.0104
134	5	15	10	15	15.42	10.1	0.655	5	0	5	20.5772
135	5	15	15	15	15.93	1.5	0.0942	10	0	10	5.91637
136	5	15	20	15	15.14	0.8	0.0528	15	0	15	4.98007
137	5	15	5	20	15.36	0.5	0.0326	0	5	5	1.02265

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

### Lanjutan

138	5	15	10	20	15.25	4.7	0.3082	5	5	7.071	13.6928
139	5	15	0	20	16.54	3.6	0.2177	-5	5	7.071	9.67012
140	10	15	15	15	15.03	10	0.6653	5	0	5	20.9021
141	10	15	20	15	15.11	0.9	0.0596	10	0	10	3.74247
142	10	15	10	20	15.18	1.3	0.0856	0	5	5	2.69043
143	10	15	15	20	15.92	1.6	0.1005	5	5	7.071	4.46521
144	10	15	5	20	14.47	1.6	0.1106	-5	5	7.071	4.91266
145	15	15	20	15	14.82	11.1	0.749	5	0	5	23.5301
146	15	15	15	20	15.73	9	0.5722	0	5	5	17.9748
147	15	15	20	20	16.01	5.9	0.3685	5	5	7.071	16.3729
148	15	15	10	20	15.16	3.2	0.2111	-5	5	7.071	9.37812
149	20	15	20	20	16.18	8.2	0.5068	0	5	5	15.9215
150	20	15	15	20	15.61	3.4	0.2178	-5	5	7.071	9.677
151	0	20	5	20	13.2	7.7	0.5833	5	0	5	18.326
152	0	20	10	20	15.02	3	0.1997	10	0	10	12.5496
153	0	20	15	20	15.55	0.7	0.045	15	0	15	4.24267
154	0	20	20	20	16.29	1.1	0.0675	20	0	20	8.48558
155	5	20	10	20	14.88	9.3	0.625	5	0	5	19.635
156	5	20	15	20	15.63	0.9	0.0576	10	0	10	3.61796
157	5	20	20	20	16.27	0.6	0.0369	15	0	15	3.47564
158	10	20	15	20	15.48	8.6	0.5556	5	0	5	17.4533
159	10	20	20	20	16.03	1.1	0.0686	10	0	10	4.31161
160	15	20	20	20	18.05	8.1	0.4488	5	0	5	14.098

PERPUSTAKAAN  
**UNNES**

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

#### Lampiran 4. Foto-Foto Penelitian



Gambar 1. Pemasangan kabel



Gambar 2. Penginjeksian arus



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



Gambar 3. Pemindahan Elektroda



Gambar 4. Tanah Bledug Kuwu