



**APLIKASI METODE RESISTIVITAS 3D UNTUK  
MENENTUKAN SEBARAN INTRUSI AIR LAUT DI  
DAERAH PERUMAHAN TANAH MAS SEMARANG  
UTARA**

skripsi

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

Oleh  
**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
Andya Satya Purnomo Putro

4211412021

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**



**APLIKASI METODE RESISTIVITAS 3D UNTUK  
MENENTUKAN SEBARAN INTRUSI AIR LAUT DI  
DAERAH PERUMAHAN TANAH MAS SEMARANG  
UTARA**

skripsi

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

Oleh  
**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
Andya Satya Purnomo Putro

4211412021

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2016**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini yang berjudul Aplikasi Metode Geolistrik untuk Identifikasi Intrusi Air Laut Studi Kasus Semarang Utara telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Pembimbing Utama  
  
Dr. Khumaedi, M.Si.  
NIP. 196306101989011002

Semarang, 12 Mei 2016  
Pembimbing Pendamping  
  
Prof. Dr. Supriyadi, M.Si.  
NIP. 196505181991021001



**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul Aplikasi Metode Resistivitas 3D Untuk Menentukan Sebaran Intrusi Air Laut di Daerah Perumahan Tanah Mas Semarang Utara benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan karya tulis orang lain ataupun jiplakan, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 12 Mei 2016



Andya Satya Purnomo Putro  
NIM 4211412021

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Aplikasi Metode Resistivitas 3D Untuk Menentukan Sebaran Intrusi Air

Laut di Daerah Perumahan Tanah Mas Semarang Utara

disusun oleh

Andya Satya Purnomo Putro

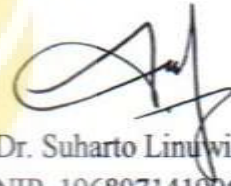
4211412021

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada  
tanggal 18 Mei 2016



Prof. Dr. Zaenuri S.E, M.Si, Akt  
NIP. 196412231988031001

Sekretaris



Dr. Suharto Linuwih, M.Si.  
NIP. 196807141996031005

Ketua Penguji



Prof. Dr. rer. nat. Wahyu Hardyanto M.Si.  
NIP. 196011241984031002

Anggota Penguji/  
Pembimbing Utama



Dr. Khumaedi, M.Si.  
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji/  
Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Supriyadi, M.Si.  
NIP. 196505181991021001

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang di jalan Allah hingga dia pulang (H.R.Tirmidzi)

Ilmu itu lebih baik daripada harta, ilmu menjaga engkau dan engkau menjaga harta, ilmu itu penghukum dan harta terhukum. Harta itu kurang apabila dibelanjakan tapi ilmu bertambah bila dibelanjakan ( Khalifah Ali bin Abi Talib)

### **PERSEMBAHAN**

Allah SWT dan Rasulullah

Ayah, Ibu dan Adik-adik

*Geophysics Laboratory*

**UNNES**  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan orang-orang yang mengikuti risalah beliau hingga akhir zaman.

Alhamdulillah, setelah melalui perjuangan dengan berbagai kendala, akhirnya penulis diijinkan-Nya untuk menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Aplikasi Metode Resistivitas 3D untuk Menentukan Sebaran Intrusi Air Laut di Daerah Perumahan Tanah Mas Semarang Utara”** dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum dan menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.

Terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rohkman, M.Hum. Rektor Universitas Negeri Semarang, yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti pendidikan pada Program Studi Fisika di Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri S.E, M.Si,Akt Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, yang mendukung baik dari kelancaran perkuliahan maupun kelancaran penyelesaian penyusunan skripsi ini.

3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si. Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, yang mendukung kelancaran penyelesaian penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.
5. Dr. Khumaedi, M.Si. Dosen Pembimbing I sekaligus dosen wali yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi
6. Prof. Dr. Supriyadi, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta arahan dengan baik dan penuh kesabaran.
7. Ayah, Ibu dan adik-adik tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan
8. Keluarga *Geophysics Laboratory* yang selalu membantu dalam akuisisi data dan memberikan motivasi tanpa henti
9. Teman-teman seperjuangan, Susanto, Khoiru, Ozy dan semuanya keluarga fisika angkatan 2012
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang membantu menyelesaikan skripsi ini. Semoga amal dan budi baiknya mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis juga memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Sebagai akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan bagi pembaca sekalian, dan juga penulis mengharapkan saran dan kritik demi menyempurnakan kajian ini. Semoga penelitian yang telah



dilakukan dapat menjadikan sumbangsih bagi kemajuan dunia riset Indonesia .  
Amin.

Semarang, 12 Mei 2016

Penulis



## ABSTRAK

**Putro, A, S, P.** 2016. *Aplikasi Metode Resistivitas 3D Untuk Menentukan Sebaran Intrusi Air Laut di Daerah Perumahan Tanah Mas Semarang Utara*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama. Dr. Khumaedi, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Prof. Dr. Supriyadi, M.Si.

Kata kunci: Resistivitas, 3D, Intrusi air laut, Tanah Mas

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui sebaran intrusi air laut di daerah Perumahan Tanah Mas Semarang Utara menggunakan metode resistivitas. Pengukuran resistivitas menggunakan akuisisi multi-elektroda dalam konfigurasi Wenner dengan panjang lintasan 150 m. Hasil pengukuran mengindikasikan intrusi air laut berada pada kedalaman yang bervariasi yaitu 7,75 m hingga 26,9 m. Intrusi air laut tersaturasi pada lapisan lempung dengan nilai resistivitas kurang dari 1  $\Omega$ m. Sebaran intrusi air laut telah terdeteksi di bagian utara, timur dan selatan perumahan Tanah Mas. Hal ini diperkuat pula dengan hasil uji kimia sampel air sumur yang menunjukkan tingginya kadar ion klorida di bagian utara dan selatan daerah penelitian. Profil resistivitas 3D memperjelas pola penyebaran intrusi air laut dalam arah lateral, vertikal dan tegak lurus keduanya. Intrusi air laut diakibatkan oleh kontinuitas pemompaan air tanah melalui sumur bor sehingga mengakibatkan terdapatnya zona-zona lemah dan ruang kosong bawah permukaan dimana air laut masuk dan merembes melalui ruang-ruang tersebut.



# DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PENGESAHAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	6
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Geologi Kota Semarang .....	8
2.2 Kodisi Geologis Daerah Penelitian .....	10
2.3 Intrusi Air Laut.....	11
2.4 Dasar Teori Resistivitas .....	13
2.5 Potensial Listrik di Media Homogen Isotropis .....	15
2.6 Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi .....	18
2.7 Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan dan Konfigurasi Wenner.....	19
2.8 Resistivitas Batuan .....	22
2.9 Metode Geolistrik Resistivitas .....	24
2.10 Konsep Resistivitas Semu .....	25

## BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat Penelitian.....	27
3.2 Langkah Penelitian.....	27
3.2.1 Tahap Pra lapangan.....	27
3.2.2 Tahap Persiapan Akuisisi Data .....	28
3.2.3 Tahap Akuisisi Data.....	30
3.2.4 Tahap Pengolahan Data dan Analisis Data .....	31
3.2.5 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	32

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil.....	33
4.1.1 Hasil Uji Kimia Sampel Air Sumur .....	33
4.1.2 Hasil Akuisisi Data Geolistrik.....	35
4.1.2.1 Lintasan 1.....	36
4.1.2.2 Lintasan 2.....	37
4.1.2.3 Lintasan 3.....	38
4.1.2.4 Lintasan 4.....	39
4.1.2.5 Lintasan 5.....	39
4.1.2.6 Lintasan 6.....	40
4.1.2.7 Lintasan 7.....	41
4.1.2.8 Lintasan 8.....	42
4.1.2.9 Lintasan 9.....	43
4.1.2.10 Lintasan 10.....	44
4.1.2.11 Lintasan 11.....	45
4.1.2.12 Lintasan 12.....	46
4.2 Pembahasan .....	47

## BAB 5 PENUTUP

5.1 Simpulan.....	54
5.2 Saran .....	54

DAFTAR PUSTAKA .....	56
----------------------	----

LAMPIRAN.....	59
---------------	----

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Tabel Tahanan jenis berbagai batuan dan air.....	23
4.1 Hasil Pengujian Kadar Klorida dan Natrium Sampel Air.....	34



# DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1	Peta Geologi kota Semarang..... 8
2.2	Lokasi Penelitian..... 10
2.3	Hubungan antara air tawar dengan air asin..... 11
2.4	Ilustrasi pada saat kondisi normal dan intrusi air laut..... 12
2.5	Silinder Konduktor..... 14
2.6	Titik arus di permukaan bumi pada medium yang homogeny..... 18
2.7	Dua elektroda arus dan potensial pada permukaan tanah yang homogen isotropis dengan resistivitas $\rho$ ..... 19
2.8	Garis Equipotensial arus antara elektroda pada media homogen isotropis ..... 20
2.9	Susunan elektroda konfigurasi Wenner ..... 20
2.10	Konsep Resistivitas Semu dalam Lapisan Tanah ..... 26
3.1	Daerah Perumahan Tanah Mas Kecamatan Semarang Utara ..... 27
3.2	Alat resistivitas S-Field 16 elektroda otomatis multichannel ..... 29
3.3	Desain penelitian..... 29
3.4	Skema Susunan Alat Geolistrik Multichannel (S-Field) ..... 30
3.5	Diagram alir penelitian ..... 32
4.1	Letak sumur di lokasi penelitian ..... 31
4.2	Pengambilan lintasan pada lokasi penelitian ..... 35
4.3	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 1 ..... 36
4.4	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 2 ..... 37
4.5	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 3 ..... 38
4.6	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 4 ..... 39
4.7	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 5 ..... 40
4.8	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 6 ..... 40
4.9	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 7 ..... 41
4.10	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 8 ..... 42
4.11	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 9 ..... 43
4.12	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 10 ..... 44
4.13	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 11 ..... 45
4.14	Penampang citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 12 ..... 46
4.15	Peta kontur sebaran ion Natrium..... 48
4.16	Peta kontur sebaran ion Khlorida..... 48
4.17	Model 3D dari lintasan 7 dan 8..... 51
4.18	Model 3D dari lintasan 2 dan 6..... 51
4.19	Model 3D dari lintasan 1, 2 dan 11..... 52
4.20	Model 3D dari lintasan 10 dan 12..... 52

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Akuisisi Data Resistivitas .....	59
Lampiran 2. Input Model 3D ke Software Rockwork.....	70
Lampiran 3. Kumpulan Foto Penelitian Intrusi Air Laut.....	81



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air tanah merupakan suatu sumber daya alam yang dapat diperbaharui yang memiliki peran penting dalam kehidupan (Supriyadi *et al.*, 2011: 129). Penggunaan air tanah sebagai sarana kehidupan semakin meningkat, baik untuk kebutuhan industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga. Menurut Tillman dan Leake sebagaimana dikutip Rahmawati (2013 :146), peningkatan populasi, penggunaan air yang luas, transfer air interbasin, dan efek perubahan iklim telah dan akan berdampak pada perubahan tingkat air tanah. Salah satu contoh dampak yang dapat ditunjukkan di daerah pesisir, bahwa eksploitasi volume air tanah secara berlebihan dapat menyebabkan perubahan tingkat air tanah sehingga terjadi intrusi air laut (Pousa *et al.*, 2007: 1308).

Intrusi air laut adalah meresapnya air laut atau air asin ke dalam air tanah (Amri & Putra, 2014: 235). Kasus intrusi air laut merupakan masalah yang sering terjadi di daerah pesisir pantai, masalah ini selalu terkait dengan kebutuhan air bersih. Intrusi air laut disebabkan oleh perubahan berkepanjangan pada tingkat air tanah daerah pesisir akibat pemompaan, perubahan penggunaan lahan, variasi iklim atau fluktuasi level air laut. Efek utama yang ditimbulkan dari intrusi air laut adalah penurunan volume air tawar yang tersedia dalam penyimpanan dan kontaminasi pada sumur produksi, dimana sekitar 1% dari air laut (~ 250 mg / l klorida ) membuat air tawar tidak layak untuk minum (Werner *et al.*, 2013: 3).



Kebutuhan air tanah di kota Semarang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Bappeda dan Badan Pusat Statistik kota Semarang menyatakan bahwa jumlah penduduk kota Semarang pada tahun 2011 sebesar 1.544.358 jiwa. Jumlah tersebut menjadikan kota Semarang termasuk dalam 5 besar kabupaten/kota yang mempunyai jumlah penduduk terbesar di Jawa Tengah. Salah satu langkah untuk mengatasi permasalahan kebutuhan air tersebut dengan melakukan pembuatan sumur bor untuk mengeksplorasi sumber daya air tanah bawah permukaan. Sumur bor dapat memenuhi kebutuhan air tanah dalam jangka waktu yang cukup lama, namun juga memiliki dampak bagi akuifer air tanah bawah permukaan.

Data Bappeda kota Semarang menunjukkan terjadi jumlah peningkatan sumur bor sepanjang 1990-2000. Pada tahun 1990 terdapat 300 sumur bor dengan pengambilan air diperkirakan 23 juta m<sup>3</sup>/tahun. Tahun 1995, jumlah sumur bor bertambah menjadi 320 dengan total pengambilan air 27 juta m<sup>3</sup>/tahun. Tahun 2000, jumlah itu mencapai 1.050 dengan pengambilan air 38 juta m<sup>3</sup>/tahun. Hingga Juni 2004, Distamben sudah mengeluarkan 804 izin untuk sumur bor resmi di kota Semarang. Menurut Suhartono (2013), pengambilan air tanah yang berlebihan menyebabkan banyaknya ruang kosong di dalam akuifer dan mengakibatkan tinggi muka air tanah lebih rendah dari pada permukaan air laut, perbedaan tinggi permukaan air tanah dengan permukaan air laut ini menyebabkan air laut yang mengandung unsur garam seperti klorida (Cl<sup>-</sup>) merembes ke dalam air tanah.

Daerah perumahan Tanah Mas merupakan daerah padat penduduk yang terletak di daerah pesisir utara kota Semarang. Pada daerah tersebut terdapat

eksploitasi air tanah melalui sumur bor cukup tinggi dan berpotensi menghasilkan fenomena intrusi air laut. Hasil penelitian Setiana (2013) dengan metode gradien vertikal gayaberat menunjukkan bahwa telah terjadi penambahan air tanah pada daerah Tanah Mas yang diduga berasal dari laut yang diindikasikan bahwa rob atau intrusi air laut sudah mencapai daerah tersebut. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Setiana (2013), pendugaan terjadinya intrusi air laut di daerah Tanah Mas hanya dilakukan dengan tiga titik pengukuran metode gradien vertikal gayaberat. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat tentang terjadinya fenomena intrusi air laut di daerah Tanah Mas perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian dilakukan dengan menguji kadar garam pada sumur-sumur bor daerah tersebut sebagai indikasi awal yang dapat dilakukan untuk mendeteksi terjadinya intrusi laut. Menurut Antony *et al.*, (2013) intrusi air laut dapat diamati melalui analisis pada sumur-sumur produksi yang digunakan warga sekitar. Sedangkan untuk mengetahui sebaran intrusi air laut di seluruh bagian perumahan Tanah Mas secara lebih akurat menggunakan metode resistivitas.

Pendugaan keadaan bawah permukaan bumi dengan menggunakan metode resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang sering diterapkan. Metode resistivitas telah banyak digunakan untuk berbagai masalah yang terkait dengan hidrologi, lingkungan dan keteknikan (Aizebeokhai *et al.*, 2010: 1481; Aizebeokhai & Olayinka, 2010: 446; Aizebeokhai *et al.*, 2011: 5623). Metode resistivitas memanfaatkan sifat resistivitas listrik batuan untuk mendeteksi dan memetakan formasi bawah permukaan. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi.

Berdasarkan pada harga resistivitas listriknya, suatu struktur bawah permukaan bumi dapat diketahui material penyusunnya (Ravindran & Selvam, 2014: 1120).

Berdasarkan penelitian sebelumnya metode resistivitas telah diaplikasikan untuk monitoring intrusi air laut di berbagai belahan dunia, sebagai contoh : Cimino *et al.*, (2008) *Carried Out Vertical Electrical Sounding in The Coastal Plain of Acquadolci (Northern Sicily-Italy) to Assess Seawater Intrusion*, Khalil (2006) *Studied The Salt Water Intrusion from The Gulf of Suez by Applying A Direct Current Resistivity Geoelectric Method*, Mogren (2015) *Saltwater Intrusion in Jizan Coastal Zone, Southwest Saudi Arabia, Inferred from Geoelectric Resistivity Survey*, Rao *et al.*, (2011) *Geophysical and Geochemical Approach for Seawater Intrusion Assessment in the Godavari Delta Basin, A.P., India*, sementara De franco *et al.*, (2009) *Monitoring The Saltwater Intrusion by Time Lapse Electrical Resistivity Tomography: The Chioggia Test Site (Venice Lagoon, Italy)*. Pada penelitian ini, metode resistivitas akan digunakan untuk mendeteksi struktur bawah permukaan daerah Tanah Mas Semarang guna mengetahui sebaran intrusi air laut yang terjadi di daerah tersebut.

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas maka penulis merasa perlu untuk malakukan penelitian tentang **APLIKASI METODE RESISTIVITAS 3D UNTUK MENENTUKAN SEBARAN INTRUSI AIR LAUT DI DAERAH PERUMAHAN TANAH MAS SEMARANG UTARA.**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana sebaran intrusi air laut di perumahan Tanah Mas, Semarang berdasarkan hasil penelitian resistivitas?
- b. Bagaimana model resistivitas 3D yang sesuai untuk menggambarkan sebaran intrusi air laut perumahan Tanah Mas, Semarang?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah supaya penelitian tetap fokus pada objek yang akan dikaji. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ada sebagai berikut.

1. Pengukuran resistivitas di lapangan hanya menggunakan konfigurasi Wenner.
2. Profil 3D menunjukkan sebaran intrusi air laut pada luasan yang dibentuk dari dua lintasan saja yang saling tegak lurus atau sejajar.
3. Penelitian hanya dilakukan dalam waktu tertentu yaitu pada bulan Oktober sampai Desember 2015.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui sebaran intrusi air laut di perumahan Tanah Mas, Semarang berdasarkan penelitian resistivitas.
- b. Membuat model resistivitas 3D yang menggambarkan sebaran intrusi air laut di perumahan Tanah Mas, Semarang.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh model resistivitas 3D yang menggambarkan keadaan intrusi air laut di bawah permukaan bumi khususnya daerah sekitar perumahan Tanah Mas, Semarang. Pemetaan sebaran intrusi air laut daerah penelitian dapat memberikan informasi bagi pemerintah dan masyarakat untuk kesiapan penanggulangan bencana yang lebih besar dan pengembangan infrastruktur yang sesuai dengan kondisi daerah penelitian. Penelitian ini dapat menjadi salah satu inovasi penelitian untuk pengembangan penelitian berbasis metode geofisika. Penelitian ini diharapkan berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan ilmu lingkungan kaitannya dalam penerapan sistem keilmuan dalam disiplin ilmu untuk diaplikasikan pada permasalahan dan studi kasus yang ada di sekitar lingkungan masyarakat.

## **1.6 Sistematika Penulisan Skripsi**

Sistematika penulisan skripsi disusun dan dibagi menjadi tiga bagian untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian pembuka, bagian isi, dan bagian akhir.

Pada bagian pembuka skripsi terdiri dari halaman judul, lembar pengesahan, pernyataan keaslian skripsi, motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran. Bagian inti skripsi meliputi :

- Bab 1 : Pendahuluan meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.
- Bab 2 : Tinjauan Pustaka memuat konsep, teori dan atau hasil penelitian yang disajikan secara ringkas tetapi jelas dan secara langsung mendasari pelaksanaan penelitian.
- Bab 3 : Metode Penelitian secara umum menampilkan cara pengumpulan, pengolahan, dan analisis data.
- Bab 4 : Hasil dan Pembahasan, dalam bab ini hasil penelitian ditampilkan secara urut sesuai urutan rumusan masalah, sedangkan pembahasan merupakan kumpulan argumen tentang penjelasan, relevansi, prediksi, manfaat dan atau keterbatasan hasil penelitian.
- Bab 5 : Penutup, bab ini berisi tentang simpulan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.

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

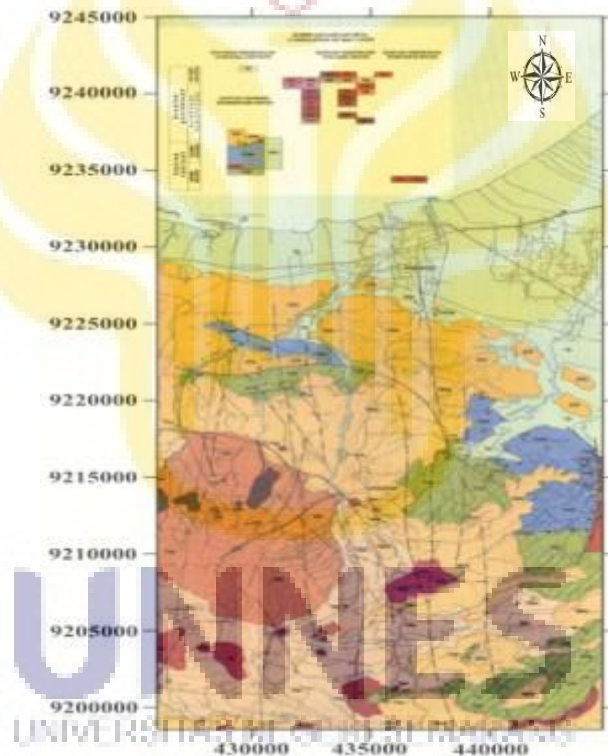
Dalam daftar pustaka memuat semua sumber pustaka yang diacu secara langsung dalam tubuh tulisan, sedangkan di dalam lampiran-lampiran dapat disajikan beberapa hal yang tidak dapat dimuat dalam tubuh tulisan karena dikhawatirkan mengganggu alur pemikiran pembaca.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Geologi Kota Semarang

Geologi Kota Semarang berdasarkan Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang (RE. Thaden, dkk; 1996) seperti pada gambar 2.1, susunan statigrafinya adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Peta Geologi kota Semarang

##### 1. Aluvium

Merupakan endapan alluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau dan pasir. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau.

2. Batuan Gunungapi Gajah Mungkur

Batuannya berupa lava andesit, berwarna abu-abu kehitaman, berbutir halus, holokristalin.

3. Batuan Gunungapi Kaligesik

Batuan Gunungapi Kaligesik berupa lava basalt, berwarna abu-abu kehitaman.

4. Formasi Jongkong

Breksi Andesit hornblende augit dan aliran lava, sebelumnya disebut batuan gunungapi Ungaran Lama. Breksi Andesit berwarna coklat kehitaman. Aliran lava berwarna abu-abu tua, berbutir halus.

5. Formasi Damar

Batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Batu pasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berbutir halus kasar. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitaman. Breksi vulkanik mungkin diendapkan sebagai lahar, berwarna abu-abu kehitaman.

6. Formasi Kaligetas

Batuannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tufaan halus sampai kasar, setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan.

7. Formasi Kalibeng

Batuannya terdiri dari napal, batu pasir tufaan dan batu gamping. Napal berwarna abu-abu kehijauan hingga kehitaman. Batu pasir tufaan berwarna kuning kehitaman. Batu gamping merupakan lensa dalam napal, berwarna putih kelabu, keras dan kompak.

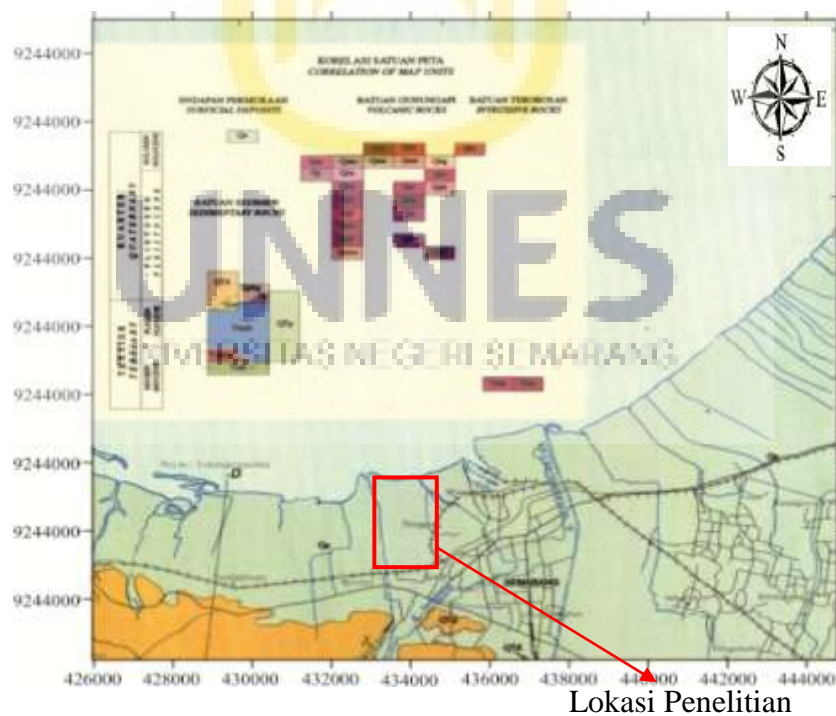


## 8. Formasi Kerek

Perselingan batu lempung, napal, batu pasir tufaan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Batu lempung kelabu muda-tua, gampingan, sebagian bersisipan dengan batu lanau aatau batu pasir, mengandung fosil foram, moluska dan koral-koral koloni.

## 2.2 Kondisi Geologis Daerah Penelitian

Endapan permukaan di daerah Semarang Utara yang meliputi perumahan Tanah Mas berupa endapan Aluvium yang merupakan dataran pantai, sungai dan danau. Dataran pantai umumnya terdiri dari lempung dan pasir mencapai ketebalan 50 meter atau lebih. Endapan pasir umumnya membentuk endapan delta sebagai lapisan pembawa air dengan tebal 80 meter lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1 sampai 3 meter. Bongkah tersusun dari andesit, batugamping dan sedikit batupasir.



Gambar 2.2 Lokasi Penelitian

## 2.3 Intrusi Air Laut

Intrusi air laut adalah meresapnya air laut atau air asin ke dalam air tanah (Amri & Putra, 2014: 235). Dalam keadaan statis, air tawar akan mengapung di atas air asin di daerah pantai karena air asin mempunyai densitas yang lebih tinggi dari air tawar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Jika terdapat titik A dan titik B yang memiliki tekanan hidrostatik yang sama maka akan memenuhi persamaan berikut :

$$P_A = P_B$$

$$\rho_f g(z + h) = \rho_s g z \quad (2.1)$$

Kedalaman interface dapat ditentukan melalui persamaan :

$$\rho_f g z + \rho_f g h = \rho_s g z$$

$$\rho_s z - \rho_f z = \rho_f h$$

$$z = \frac{\rho_f h}{(\rho_s - \rho_f)}$$

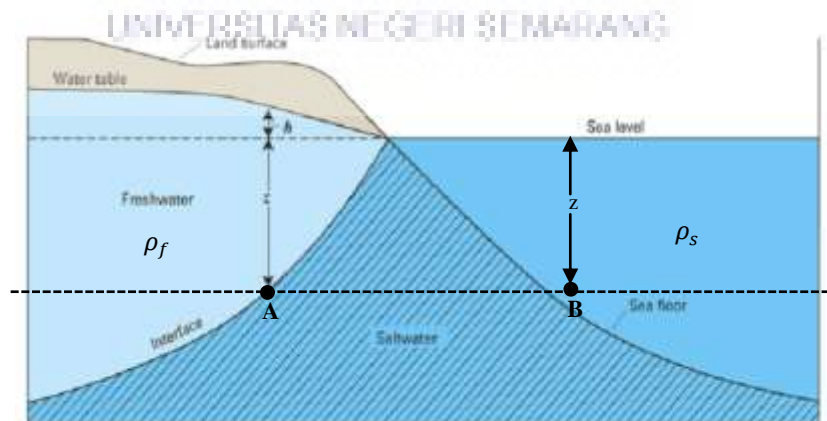
$\rho_f$  = densitas air tawar ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_s$  = densitas air asin ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$z$  = kedalaman interface air tawar – air asin dari mean sea level (m)

$h$  = ketinggian muka airtanah dari *mean sea level* (m)

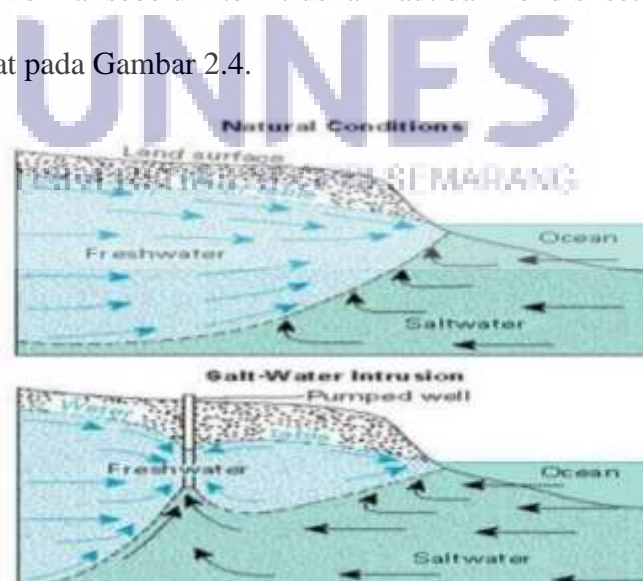


Gambar 2.3 Hubungan antara air tawar dengan air asin

Tekanan hidrostatik hanya bergantung pada kedalaman fluida. Tekanan hidrostatik sepanjang garis horizontal semuanya sama.

Salam (2011) beranggapan bahwa kedalaman batas (*interface*) air tawar dan air asin adalah sekitar 40 kali ketinggian muka air tanah dari muka air laut. Kedalaman bidang temu ini tergantung pada kedudukan paras air tanah tawar yang dihitung dari muka laut. Menurut Alma'ruf sebagaimana dikutip oleh Salam (2011: 52), apabila paras air tanah ini berkurang (karena dipompa airnya), maka akan mengakibatkan kedalaman bidang temu berkurang. Air tawar didorong air asin, sehingga yang semula airnya tawar telah berubah menjadi air asin. Menurut Supriyadi (1991:53), intrusi air laut merupakan fenomena yang sering terjadi pada akuifer-akuifer pesisir. Secara umum, fenomena ini dapat terjadi ketika muka air tanah pada akuifer air tawar lebih rendah dari pada permukaan laut rata-rata, sehingga air laut akan mendesak air tawar ke arah darat. Namun, jika muka air tanah masih lebih tinggi daripada permukaan laut rata-rata, maka air tawar akan mendesak ke laut.

Kondisi normal sebelum terintrusi air laut dan kondisi setelah terintrusi air laut dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Ilustrasi pada saat kondisi normal dan intrusi air laut

Pada kondisi normal air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab air tanah memiliki *piezometric* yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuklah interface sebagai batas antara air tanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan air tanah. Namun ketika air laut memiliki berat jenis yang lebih besar dari pada air tawar, hal ini akan mengakibatkan air laut terus mendesak air tanah semakin masuk ke hulu sehingga terjadi intrusi air laut. Untuk mengetahui keberadaan air tanah maupun adanya intrusi air laut di bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan metode resistivitas.

## 2.4 Teori Dasar Metode Resistivitas

Bumi tersusun atas lapisan-lapisan tanah yang mempunyai nilai resistivitas yang berbeda antar lapisan tanah yang satu dengan yang lain. Untuk mengetahui keadaan bawah permukaan bumi dengan menentukan nilai resistivitas setiap lapisan tanahnya dapat dilakukan dengan menggunakan metode resistivitas. Pada umumnya metode resistivitas digunakan untuk eksplorasi dangkal, misalnya digunakan untuk eksplorasi air tanah, panas bumi, intrusi air laut. Metode resistivitas merupakan salah satu metode pengukuran geofisika yang menitikberatkan pada potensial listrik dari berbagai tahanan jenis batuan di bawah permukaan bumi (Parlinggoman, 2011).

Prinsip dalam metode resistivitas adalah menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus (sepasang elektroda) dan respon yang diterima berupa beda potensial yang diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik, dapat diperoleh variasi harga

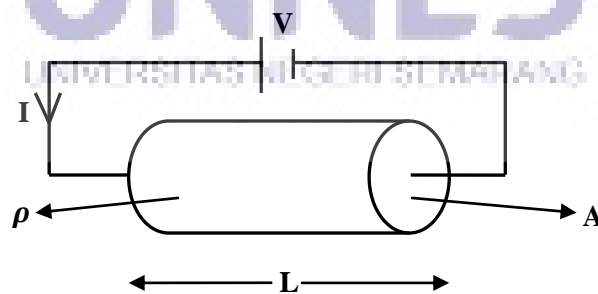
resistivitas listrik pada lapisan di bawah titik ukur (Khalil *et al.*, 2011: 116). Berdasarkan pada harga resistivitas listriknya, suatu struktur bawah permukaan bumi dapat diketahui material penyusunnya (Ravindran & Selvam, 2014: 1120).

Hukum fisika yang mendasari resistivitas adalah hukum Ohm dengan perumusan pada persamaan 2.2.

$$V = I \cdot R \quad (2.2)$$

Arus yang mengalir ( $I$ ) pada suatu medium sebanding dengan tegangan ( $V$ ) yang terukur pada suatu nilai resistansi ( $R$ ) medium. Terjadinya aliran arus listrik pada batuan bergantung pada sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Resistivitas merupakan salah satu sifat atau karakteristik batuan yang dapat menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya.

Resistivitas berbeda dengan resistansi (hambatan). Selain bergantung pada bahan, resistansi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri. Penjelasan hubungan antara resistivitas dengan resistansi dapat dilihat dari Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Silinder Konduktor (Haryanto, 2011)

Silinder konduktor dengan panjang  $L$ , luas penampang  $A$ , dan resistansi  $R$ , medan listrik yang ditimbulkan oleh beda tegangan  $V$  dirumuskan dengan :

$$E = \frac{V}{L} \quad (2.3)$$

Tahanan yang muncul dirumuskan dengan :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.4)$$

$$\rho = \frac{RA}{L} \quad (2.5)$$

Menurut hukum Ohm, resistansi  $R$  dirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.6)$$

dimana  $\rho$  adalah resistivitas (tahanan jenis) dalam satuan  $\Omega m$ ,  $R$  adalah resistansi dengan satuan  $\Omega$  (ohm),  $V$  adalah beda potensial dengan satuan (V) volt dan  $I$  adalah kuat arus dengan satuan (A) ampere. Berdasarkan persamaan 7.5 akan didapatkan nilai resistivitas  $\rho$

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.7)$$

Sifat konduktivitas ( $\sigma$ ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas ( $\rho$ ).

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right) \left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \quad (2.8)$$

Dimana  $J$  adalah rapat arus (ampere/m<sup>2</sup>) dan  $E$  adalah medan listrik (volt/m).

## 2.5 Potensial Listrik di Media Homogen Isotropis

Anggaplah ada suatu arus dialirkan secara kontinyu pada medium homogen isotropis. Jika  $dA$  adalah elemen luasan permukaan dan  $J$  adalah rapat arus listrik dalam ampere/meter<sup>2</sup>, maka besarnya elemen arus listrik  $dI$  yang melalui elemen permukaan tersebut adalah:

$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (2.9)$$

Sesuai dengan hukum Ohm, rapat arus  $J$  dan medan listrik  $E$  yang ditimbulkannya yaitu :

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (2.10)$$

Medan listrik merupakan gradient potensial skalar ( $V$ ) :

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (2.11)$$

Maka :

$$\vec{J} = -\sigma \nabla V$$

Jika diasumsikan muatannya tetap, berarti tidak ada arus yang keluar atau arus yang masuk dalam suatu volume tertutup dengan luas permukaan  $dA$  maka dapat ditulis

$$\int_A^\infty \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.12)$$

Menurut teorema Gauss, divergensi arus yang keluar dari volume yang disamakan dengan luas permukaan  $A$  adalah sama dengan jumlah total muatan yang terdapat di permukaan  $A$  sehingga berlaku :

$$\int_A^\infty \nabla \cdot \vec{J} dV = 0 \quad (2.13)$$

Sehingga diperoleh hukum kekekalan muatan:

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\nabla \cdot \nabla (\sigma \cdot V) = 0 \quad (2.14)$$

$$-\sigma \nabla \cdot \nabla V = -\sigma \nabla^2 V = 0 \quad (2.15)$$

Karena konduktivitas listrik medium ( $\sigma$ ) bernilai konstan sehingga diperoleh bentuk persamaan laplace untuk potensial yaitu :

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.16)$$

Persamaan diferensial laplace yang digunakan berupa persamaan untuk koordinat bola karena medan equipotensial dalam bumi berupa simetri bola. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (2.17)$$

Dengan mengasumsikan bumi homogen isotropis dan simetri bola, maka potensial  $V$  merupakan fungsi  $r$  saja ( $V = V(r)$ ), akibatnya solusi umum persamaan laplace dalam sistem koordinat bola adalah :

$$\nabla^2 V = \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.18)$$

Integrasi dua kali berturut-turut terhadap persamaan 2.18 menghasilkan :

$$\int d \left( r^2 \frac{dV}{dr} \right) = 0 \quad (2.19)$$

$$r^2 \frac{dV}{dr} = C_1 \quad (2.20)$$

$$\int dV = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.21)$$

$$V_{(r)} = \int \frac{C_1}{r^2} dr \quad (2.22)$$

$$V_{(r)} = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (2.23)$$

dengan  $C_1$  dan  $C_2$  adalah konstanta.

Bila diterapkan syarat batas untuk potensial yaitu pada jarak  $r = \infty$ , maka potensial di tempat itu adalah nol, sehingga diperoleh  $C_2 = 0$  membuat persamaan (2.23) menjadi:

$$V = -\frac{C_1}{r} \quad (2.24)$$

Arus mengalir secara radial keluar dalam segala arah dari titik elektroda. Sehingga total arus melalui permukaan bola dan memberikan

$$I = 4\pi r^2 J = -4\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -4\pi \sigma A$$

$$A = -\frac{I\rho}{4\pi}$$

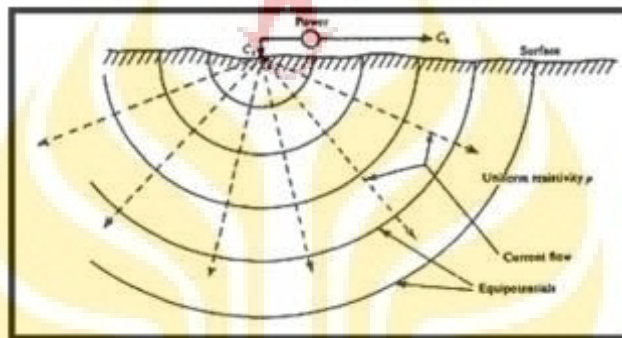
Sehingga



$$V = \left(\frac{I\rho}{4\pi}\right)\frac{1}{r} \text{ atau } \rho = \frac{4\pi rV}{I}$$

## 2.6 Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi

Jika titik yang mengalirkan elektroda arus  $I$  terletak pada permukaan bumi homogen isotropis dan diatas permukaan bumi memiliki konduktivitas nol, maka permukaan yang dilalui arus  $I$  adalah permukaan setengah lingkaran, seperti pada Gambar 2.6 sebagai berikut.



Gambar 2.6 Titik arus di permukaan bumi pada medium yang homogen (Telford, *et al.*, 1990)

Permukaan yang dilalui arus  $I$  adalah permukaan setengah bola dengan luas  $2\pi r^2$ , sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$I = 2\pi r^2 J = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} = -2\pi \sigma A$$

$$A = -\frac{I\rho}{2\pi}$$

sehingga

$$V = \left(\frac{I\rho}{2\pi}\right)\frac{1}{r} \text{ atau } \rho = \frac{2\pi rV}{I} \quad (2.25)$$

## 2.7 Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan dan Konfigurasi Wenner

Ketika jarak antara dua elektroda arus berhingga (Gambar 2.7), potensial akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut. Potensial yang disebabkan elektroda C1 pada elektroda P1 adalah

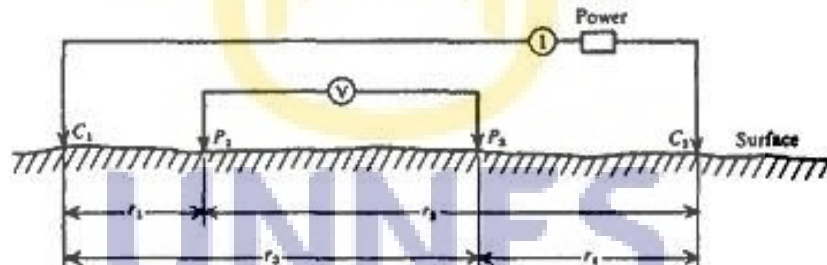
$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \text{ dimana } A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$$

Karena arus pada kedua elektroda besarnya sama tapi berlawanan arah, sehingga potensial yang disebabkan elektroda C2 pada elektroda P1 adalah

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \text{ dimana } A_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} = -A_1$$

Sehingga didapatkan

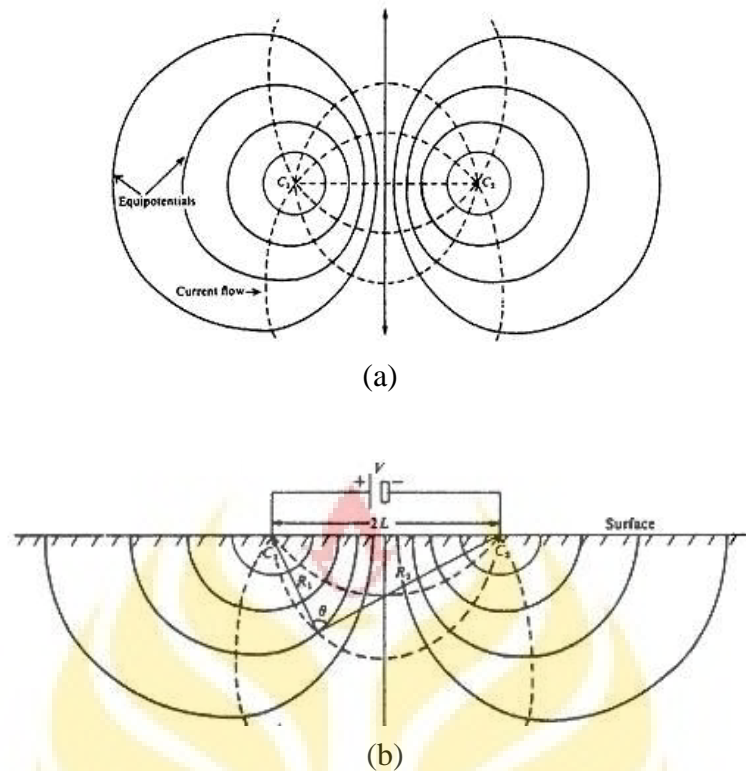
$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$



Gambar 2.7 Dua elektroda arus dan potensial pada permukaan tanah yang homogen isotropis dengan resistivitas  $\rho$

Akhirnya, dengan menjelaskan potensial pada elektroda potensial P2 kita dapat mengukur beda potensial antara elektroda P1 dan P2 dinyatakan pada persamaan berikut

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}$$



Gambar 2.8 Garis Equipotensial arus antara elektroda pada media homogen isotropis (a) secara horizontal (b) secara vertikal (Telford *et al.*, 1990)

Menurut Adhi (2011) semakin besar jarak antar elektroda menyebabkan semakin dalam jangkauan yang dapat diukur. Nilai resistivitas didapatkan dengan persamaan berikut

$$\rho = 2\pi \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \frac{\Delta V}{I}$$

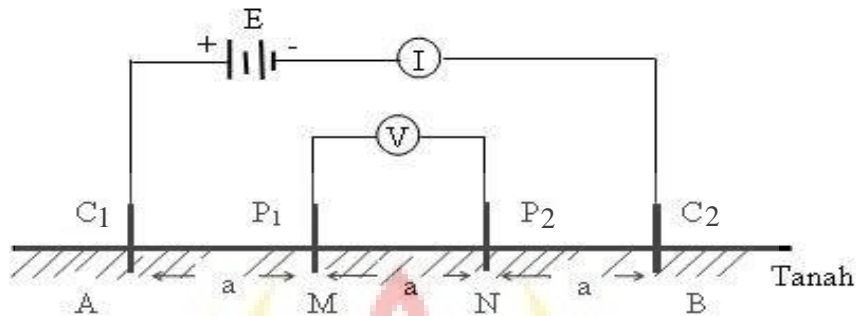
Sehingga

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I}$$

Dengan

$$k = 2\pi \left\{ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad (7.12)$$

Konfigurasi Wenner adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan.. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus seperti pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Susunan elektroda konfigurasi Wenner (Reynold, 1997).

Dalam konfigurasi seperti pada Gambar 2.7  $AM = MN = NB = a$ , maka faktor geometri Konfigurasi Wenner adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \\
 &= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)} \\
 &= \frac{2\pi}{\left[\frac{1}{a} + \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a}\right]} \\
 &= \frac{2\pi}{\frac{2}{a} - \frac{2}{2a}} \\
 &= \frac{2\pi}{\frac{4a - 2a}{2a}} = \frac{2\pi}{\frac{2a}{2a^2}} = \frac{2\pi}{\frac{1}{a}}
 \end{aligned}$$

$$K = 2\pi a \quad (7.13)$$

Sedangkan tahanan jenis (resistivitas) pada konfigurasi Wenner adalah

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

Dengan :

$\rho$  = Resistivitas semu

$K$  = Faktor Geometri

$a$  = Jarak Elektroda

$V$  = Besarnya Tegangan

$I$  = Besarnya Arus

Haryanto (2011) beranggapan bahwa pengukuran geolistrik dapat dilakukan dengan tujuan berbeda yaitu pengukuran untuk mapping dan sounding. Tujuan mapping adalah untuk mengetahui informasi variasi resistivitas secara lateral sehingga teknik mapping dilakukan dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu dengan jarak antar elektroda tetap, seluruh susunan elektroda dipindah mengikuti lintasan. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Dipole. Sedangkan 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. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Schlumberger. Sehingga keuntungan dari konfigurasi wenner yaitu selain dapat digunakan untuk pengukuran mapping dan sounding.

## 2.8 Resistivitas Batuan

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari  $10^{-5} \Omega m$ , sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari  $10^7 \Omega m$ . Dan di antara keduanya adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Sedangkan pada semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan oleh ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Telford *et al.*, 1990).

Menurut Telford *et al.*, (1990: 289) secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

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

Tabel 2.1 Tahanan jenis berbagai batuan dan air (Telford *et al.*, 1990)

Batuan	Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )	Air	Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )
Tanah penutup	250-1700	Air meteorik	30-1000
Pasir lempungan	30-215	Air laut	0,2
Lempung (basah)	1-100	Saline water 3%	1,15
Tanah berpasir (kering)	80-1050	Saline water 20%	0,05
Tanah (40% lempung)	8	Air permukaan (batuan beku)	0,1-3000
Tanah (20% lempung)	33	Air permukaan (batuan sedimen)	10-100
Lempung (kering)	50-150	Air tanah (batuan beku)	0,5-150
Pasir tufaan	20-100	Air tanah alami (batuan sedimen)	1-100

## 2.9 Metoda Geolistrik Resistivitas

Metoda geolistrik resistivitas atau tahanan jenis adalah salah satu metoda geofisika yang memanfaatkan sifat tahanan jenis untuk menyelidiki keadaan di bawah permukaan bumi. Metoda ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda potensial yang berada ditempat lain. Perbedaan potensial yang terukur merefleksikan keadaan di

bawah permukaan bumi. Pada dasarnya metoda ini didekati menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak kesegala arah dengan nilai yang sama besar. Berdasarkan asumsi tersebut, maka bila terdapat anomali yang membedakan jumlah rapat arus yang mengalir diasumsikan diakibatkan oleh adanya perbedaan akibat anomali tahanan jenis. Anomali ini nantinya digunakan untuk merekonstruksi keadaan geologi bawah permukaan. Perbedaan konfigurasi elektroda, variasi tahanan jenis spesifik yang diselidiki, prosedur memperoleh data sangat menentukan dalam pemakaian metoda ini. Metoda tahanan jenis mempunyai dua macam pendekatan, yaitu pendekatan horizontal dan pendekatan vertikal, kedua pendekatan ini mempunyai prosedur kerja dan interpretasi yang berbeda antara satu sama lainnya. Metoda tahanan jenis pendekatan horizontal dimaksudkan sebagai eksplorasi metoda tahanan jenis untuk mendeteksi lapisan atau formasi batuan yang mempunyai kedudukan (Taib, 2000).

Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Berdasarkan pada harga resistivitas listriknya, suatu struktur bawah permukaan bumi dapat diketahui material penyusunnya (Ravindran & Selvam, 2014: 1120).

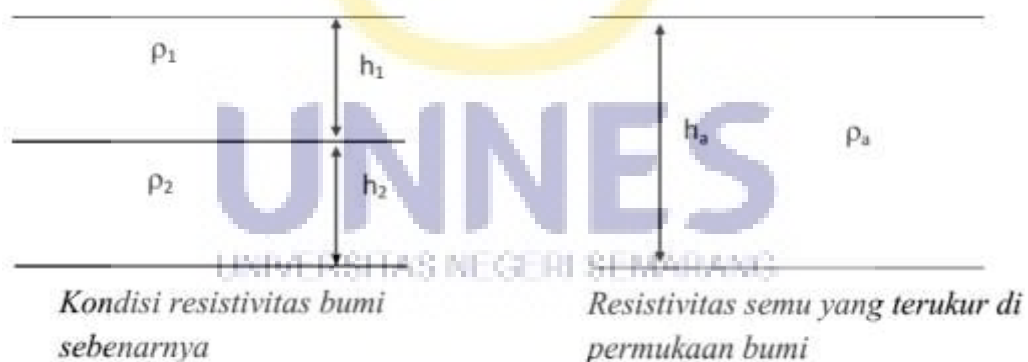
Metode geolistrik tahanan jenis memiliki beberapa konfigurasi, yaitu konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner, konfigurasi dipole-dipole dan lain-lain. Konfigurasi yang umumnya digunakan yaitu konfigurasi Schlumberger dan konfigurasi Wenner. Setiap konfigurasi elektroda mempunyai metode perhitungan tersendiri untuk mengetahui nilai ketebalan dan tahanan jenis batuan di bawah permukaan. Nilai tahanan jenis semu tergantung pada geometri



konfigurasi elektroda yang digunakan, atau yang sering didefinisikan sebagai faktor geometri ( $K$ ).

## 2.10 Konsep Resistivitas Semu

Dalam pengukuran, nilai potensial yang diperoleh adalah nilai potensial untuk medium yang selapis. Faktanya bumi terdiri dari beberapa lapisan dengan nilai resistivitas  $\rho$  yang berbeda-beda, namun apabila mengasumsikan bumi sebagai medium yang mempunyai sifat homogen isotropik maka bumi dianggap terdiri dari lapisan yang sama (homogen) seperti pada Gambar 2.10 sehingga nilai resistivitas yang terukur dipermukaan bumi bukanlah nilai resistivitas yang sebenarnya melainkan nilai resistivitas semu. Resistivitas semu yang terukur merupakan resistivitas gabungan dari beberapa lapisan tanah yang dianggap sebagai satu lapisan homogen.



Gambar 2.10 Konsep Resistivitas Semu dalam Lapisan Tanah

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Simpulan**

Intrusi air laut di perumahan Tanah Mas Semarang Utara telah terdeteksi melalui pengukuran resistivitas pada lintasan 1 dan 2 yang berada di Jl Telaga Mas Raya, lintasan 3 yang berada di Jl Muara Mas Raya, lintasan 6 dan 11 yang berada di Jl Tanjung Mas Raya, lintasan 7 dan 8 yang berada di Jalan Tanjung Mas Raya, lintasan 9 yang berada di Jl Tanggul Mas Raya, serta lintasan 10 dan 12 yang berada di Jl Sumber Mas Raya. Berdasarkan interpretasi profil resistivitas dua dimensi, kedalaman intrusi air laut pada perumahan Tanah Mas bervariasi pada kedalaman 2,25 m hingga 26,9 m dari permukaan bumi. Model tiga dimensi yang dihasilkan dari gabungan dua atau tiga profil dua dimensi menunjukkan pola sebaran intrusi air laut di perumahan Tanah Mas dalam arah lateral, vertikal dan tegak lurus keduanya.

#### **5.2 Saran**

Saran yang diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah :

1. Mengamati kondisi atau fenomena geologis yang ada di sekitar lokasi pengukuran yang nantinya dapat membantu dalam pembahasan data resistivitas

2. Untuk mendapatkan model tiga dimensi dengan pola sebaran intrusi air laut yang akurat, minimal menggunakan tiga lintasan pengukuran resistivitas yang saling sejajar



## DAFTAR PUSTAKA

- Aizebeokhai, A. P., Olayinka, A. I., Singh, V. S. 2010. Application of 2D and 3D Geoelectrical Resistivity Imaging for Engineering Site Investigation in a Crystalline Basement Terrain, Southwestern Nigeria. *Environmental Earth Sciences*, 61(7): 1481-1492.
- Aizebeokhai, A. P., & Olayinka, A. I. (2010). Anomaly effects of arrays for 3D geoelectrical resistivity imaging using orthogonal or parallel 2d profiles. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 4(7), 446-454.
- Aizebeokhai, A. P., Olayinka, A. I., Singh, V. S., & Uhuegbu, C. C. (2011). Effectiveness of 3D geoelectrical resistivity imaging using parallel 2D profiles. *International Journal of Physical Sciences*, 6(24), 5623-5647.
- Aizebeokhai, A. P., & Singh, V. S. (2013). Field evaluation of 3D geo-electrical resistivity imaging for environmental and engineering studies using parallel 2D profiles. *Current Science*, 105(4), 504-512.
- Amri, H. & Putra, A. 2014. Estimasi Pencemaran Air Sumur Yang Disebabkan Oleh Intrusi Air Laut di Daerah Pantai Tiram, Kecamatan Ulakan Tapakis, Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Fisika Unand*, 3(4):235-241.
- Antony, R. A., Ramanujam, N & Sudarsan, R. 2013. Delineation of Saltwater and Freshwater Interphase in Beach Groundwater Study Using 2D ERI Technique in the Northern Sector of the Gulf of Mannar Coast, Tamilnadu. *WATER*, 5(2013):1-11.
- Cimino, A., Cosentino, C., Oieni, A. and Tranchina, L. (2008) A Geophysical and Geochemical Approach for Seawater Intrusion Assessment in the Acquadolci Coastal Aquifer (Northern Sicily). *Environmental Geology*, 55, 1473-1482.
- De Franco, R., Biella, G., Tosi, L., Teatini, P., Lozej, A., Chiozzotto, B., ... & Bassan, V. (2009). Monitoring the saltwater intrusion by time lapse electrical resistivity tomography: The Chioggia test site (Venice Lagoon, Italy). *Journal of Applied Geophysics*, 69(3), 117-130.
- Deng, Q. H., Yuan, R. M., & Yao, B. K. 2007. Geological Environment Problems Caused by Controlling Groundwater Exploitation in Jiangyin City. *Journal of China University of Mining and Technology*, 17(1):85-89.

- Haryanto, A. 2011. *Aplikasi Metode Resistivitas Menggunakan Geolistrik untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Kazakis, N., Pavlou, A., Vargemezis, G., Voudouris, K. S., Soulios, G., Pliakas, F., & Tsokas, G. 2016. Seawater intrusion mapping using electrical resistivity tomography and hydrochemical data. An application in the coastal area of eastern Thermaikos Gulf, Greece. *Science of the Total Environment*, 543(2016): 373-387.
- Kemenkes. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Rrepublik Indonesia Tentang Air Minum. Jakarta : Kemenkes
- Khalil, M. A., & Santos, F. A. M. 2013. 2D and 3D resistivity inversion of Schlumberger vertical electrical soundings in Wadi El Natrun, Egypt: A case study. *Journal of Applied Geophysics*, 89(2013): 116-124.
- Khalil, M.H. 2006. Geoelectric Resistivity Sounding for Delineating Salt Water Intrusion in the Abu Zenima Area, West Sinai, Egypt. *Journal of Geophysics and Engineering*, 3(3): 243-251.
- Mahmoudpour, M., Khamehchiyan, M., Nikudel, M., & Gassemi, M. 2013. Characterization of Regional Land Subsidence Induced by Groundwater Withdrawals in Tehran, Iran. *Geopersia*, 3(2): 49-62
- Mogren, S. 2015. Saltwater Intrusion in Jizan Coastal Zone, Southwest Saudi Arabia, Inferred from Geoelectric Resistivity Survey. *International Journal of Geosciences*, 6(3), 286-297.
- Parlinggoman, R. H. 2011. *Studi Sebaran Air Limbah Sampah Bagian Utara TPA Bantar Gebang dengan Metode Resistivity Wenner Schlumberger*. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pousa, J., Tosi, L., Kruse, E., Guaraglia, D., Bonardi, M., Mazzoldi, A. & Schnack, E. (2007). Coastal processes and environmental hazards: the Buenos Aires (Argentina) and Venetian (Italy) littorals. *Environmental Geology*, 51(8):1307-1316.
- Rahmawati, N., Vuillaume, J. F. & Purnama, I. L. S. 2013. Salt intrusion in Coastal and Lowland areas of Semarang City. *Journal of Hydrology*, 494(2013):146-159.

- Rao, V. V. S. G., Rao, G. T., Surinaidu, L., Rajesh, R & Mahesh, J. 2011. Geophysical and Geochemical Approach for Seawater Intrusion Assessment in the Godavari Delta Basin, A.P., India. *Water Air Soil Pollut.* 217(2011):503–514
- Ravindran, A., & Selvam, S. 2014. Coastal disaster damage and neotectonic subsidence study using 2D ERI technique in Dhanushkodi, Rameshwaram Island, Tamilnadu, India. *Middle-East J Sci Res.* 19(8): 1117-1122.
- Reynold J.M., 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, John Wiley and Sons Ltd., New York.
- Salam, R. 2011. Kajian Akifer Pantai Pulau Ternate. *Jurnal Aplikasi Fisika*, 7(2): 51-55
- Setiana, M. 2013. *Metode Gradien Vertikal Gayaberat Antar Waktu untuk Pemantauan Dinamika Air Tanah di Kota Semarang*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Supriyadi, I. H. 1991. Pendugaan Kandungan Air Tanah dan Air Asin dengan Geolistrik. *Lonawarta*, 1: 51-67.
- Supriyadi, Yulianto, A. & Haryanto, A. 2011. Research of Model Scale Seawater Intrusion using Geoelectric Method. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 22(3):129-134.
- Suhartono, E., Purwanto & Suripin. 2013. Faktor Penyebab Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Pada Akuifer Dalam di Kota Semarang. *Wahana TEKNIK SIPIL*, 18(2): 76 -87
- Taib, M.I.T. 2000. *Dasar Metoda Eksplorasi Tahanan Jenis Galvanik*, Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB. Bandung
- Telford, W.M., L.P. Geldart, & R.E. Sheriff,. 1990. *Applied Geophysics, second edition*. Cambridge: University Press, London.
- Werner, A. D., Bakker, M., Post, V. E. A., Vandenbohede, A., Lu, C., Asthiani, B. A., Simmons, C. T. & Barry, D. A. 2013. Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. *Advances in Water Resources*, 51 (2013):3–26