



TUGAS AKHIR - RF141501

**IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AIR TANAH  
MENGUNAKAN METODE *INDUCED POLARIZATION*:  
STUDI KASUS DAERAH SURABAYA TIMUR**

BAGAS ARYASETA  
NRP - 3712 100 015

Dosen Pembimbing

Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1001

Dr. Amien Widodo  
NIP. 19591010 198803 1002

JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



UNDERGRADUATE THESIS - RF141501

**IDENTIFICATION OF SALTWATER INTRUSION IN  
GROUNDWATER USING *INDUCED POLARIZATION*  
METHOD: CASE STUDY EAST SURABAYA**

BAGAS ARYASETA  
NRP - 3712 100 015

Advisors

Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1001

Dr. Amien Widodo  
NIP. 19591010 198803 1002

DEPARTMENT OF GEOPHYSICAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Surabaya 2017

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AIR  
TANAH MENGGUNAKAN METODE *INDUCED  
POLARIZATION* STUDI KASUS DAERAH  
SURABAYA TIMUR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Jurusan Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 23 Januari 2017

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1,

Dosen Pembimbing 2,

Dr. Dwa Desa Warnana

Dr. Amien Widodo

NIP. 19760123 200003 1001

NIP. 19591010 198803 1002

Mengetahui:

Kepala Laboratorium  
Teknik dan Lingkungan Teknik Geofisika

Dr. Ir. Amien Widodo M.S  
NIP. 19591010 198803 1002

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE *INDUCED POLARIZATION* STUDI KASUS DAERAH SURABAYA TIMUR” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 23 Januari 2017

Bagas Aryaseta  
NRP. 3712100015

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AIR  
TANAH MENGGUNAKAN METODE *INDUCED  
POLARIZATION* STUDI KASUS DAERAH  
SURABAYA TIMUR**

Nama Mahasiswa : Bagas Aryaseta  
NRP : 3712 100 015  
Jurusan : Teknik Geofisika ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Dwa Desa Warnana  
Dr. Amien Widodo

**ABSTRAK**

Sebagian besar air tanah di wilayah kota Surabaya sudah mengalami intrusi air laut dan memiliki kadar garam yang tidak sesuai standar air minum. Permasalahan akifer air tanah yang sudah terintrusi air laut diidentifikasi menggunakan metode *Induced Polarization* dilengkapi dengan data sumur dan data resistivity sebagai data pelengkap. Pengukuran data sumur dilakukan di beberapa lima belas titik di Surabaya timur yang hasilnya menunjukkan parameter-parameter air seperti salinitas, TDS, konduktivitas, dan pH. Pengukuran *Induced Polarization* dan *Resistivity* metode Wener-Schlumberger dilakukan di tiga lintasan di Surabaya timur yang tersebar di daerah air asin, air payau rendah, dan air tawar. Penampang *Chargeability* dan *Resistivity* memiliki penetrasi kedalaman 9 m menunjukkan hasil yang cukup baik dalam mengidentifikasi akifer air tanah. Akifer dengan nilai resistivitas rendah (6.81 ohm.m) dan chargeabilitas rendah (<0.302 msec) besar kemungkinan merupakan air asin.

Kata Kunci: intrusi air laut, akifer, Surabaya timur, IP, *resistivity*

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

**IDENTIFICATION OF SALTWATER INTRUSION  
IN GROUNDWATER USING *INDUCED  
POLARIZATION* METHOD CASE STUDY EAST  
SURABAYA**

Name of Student : Bagas Aryaseta  
Student ID Number : 3712 100 015  
Department : Teknik Geofisika ITS  
Advisor Lecture : Dr. Dwa Desa Warnana  
Dr. Amien Widodo

**ABSTRACT**

Most of the groundwater in city of Surabaya has undergone sea water intrusion and its salinity are not suitable for drinking water standards. Groundwater aquifer problem that has been intruded seawater identified using the IP method with wells data and data resistivity as correlation data. Measurement of wells data is carried out in fifteen points in east Surabaya that the results indicate the water parameters such as salinity, TDS, conductivity, and pH. Measurement of Induced Polarization and Resistivity with Wenner-Schlumberger methods conducted at three lines in east Surabaya, spread across saltwater, fresh to brackish water, and fresh water. Cross section of chargeability and resistivity has a penetration depth of 9 m showed good results in identifying the groundwater aquifer. Aquifer with low resistivity values (6.81 ohm.m) and low chargeability values (<0.302 msec) likely is saltwater.

Keywords: seawater intrusion, aquifer, east Surabaya, IP, resistivity

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya laporan Tugas Akhir yang berjudul “IDENTIFIKASI INTRUSI AIR LAUT PADA AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE *INDUCED POLARIZATION* STUDI KASUS DAERAH SURABAYA TIMUR” ini dapat terselesaikan.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik, tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu, Ayah, Mbak Dhanik, Mbak Nia, Kakek, Nenek dan semua keluarga berkat dukungan moril maupun materi selama penulis menjalani tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku ketua Jurusan Teknik Geofisika ITS.
3. Bapak Dr. Dwa Desa Warnana dan Bapak Dr. Ir. Amien Widodo M.S selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Rizky, Agam, Fauzan, Zaky, Satrio, Imam, dan Pegri yang telah membantu dalam pengambilan data IP dilapangan.
5. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu dan membantu secara administrasi selama penulis melakukan studi di Jurusan Teknik Geofisika ITS.
6. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2012 atas semangat dan dukungannya.
7. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 23 Januari 2017

**Bagas Arvaseta**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN .....	vii
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat .....	2
BAB II .....	3
TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Kondisi Hidrogeologi Surabaya .....	3
2.1.2 Akifer Surabaya .....	6
2.2 Parameter Kualitas Air Tanah .....	10
2.2.1 pH .....	10
2.2.2 Salinitas.....	10
2.2.3 TDS (Total Dissolve Solid).....	10
2.2.4 Konduktivitas .....	11

2.3 Intrusi Air Laut .....	11
2.4 Metode IP (Induced Polarization) .....	13
2.4.1 Jenis-jenis Polarisasi .....	13
2.4.2 Pengukuran Metode IP Time Domain.....	14
2.5 Metode Wenner-Schlumberger .....	15
2.6 Penelitian Terdahulu .....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Alur Penelitian .....	17
3.2 Lokasi Penelitian .....	18
3.4 Peralatan yang Digunakan.....	21
<b>BAB IV.....</b>	<b>25</b>
<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Analisis Data Sumur .....	25
4.1.1 Elevasi Muka Air Tanah .....	26
4.1.2 Parameter Kualitas Air.....	29
4.2 Analisa Pengukuran Geolistrik.....	35
4.3.1 Daerah Sutorejo .....	36
4.3.2 Daerah Klampis .....	40
4.3.3 Daerah ITS .....	43
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
5.1. Kesimpulan .....	47
5.2. Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus air (USGS, Summary of the Water Cycle, 2016)	4
Gambar 2.2 Peta geologi kota Surabaya (BLH, 2013)	5
Gambar 2.3 Peta elevasi muka air tanah musim kemarau kota Surabaya (ITS & BAPEDDA, 1999)	9
Gambar 2.4 Ilustrasi hubungan antara air tawar dengan air asin di daerah pesisir (Barlow, 2016)	12
Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Priambodo, Purnomo, Rukmana, & Juanda, 2011)	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	17
Gambar 3.2 Titik pengambilan sampel air sumur	18
Gambar 3.3 Desain akuisisi	20
Gambar 3.4 Water Sampler	21
Gambar 3.5 Water Quality Tester WT61	22
Gambar 3.6 Alat Geolistrik	23
Gambar 4.1 Kontur muka air tanah (dalam cm)	26
Gambar 4.2 Arah aliran air tanah	27
Gambar 4.3 Slicing kontur muka air tanah	28
Gambar 4.4 Cross-section hasil slicing muka air tanah	28
Gambar 4.5 Penampang Ghyben-Herzberg hasil slicing	29
Gambar 4.6 Kontur salinitas (dalam ppt)	30
Gambar 4.7 Kontur TDS (dalam ppt)	31
Gambar 4.8 Kontur konduktivitas (dalam mS)	32
Gambar 4.9 Kontur pH	33
Gambar 4.10 Kontur salinitas (dikelompokkan)	34
Gambar 4.11 Lokasi pengukuran geolistrik	36
Gambar 4.12 Lokasi pengukuran geolistrik daerah Sutorejo	37
Gambar 4.13 Penampang IP daerah Sutorejo (sebelum range diperkecil)	37
Gambar 4.14 Penampang IP (a) dan resistivity 2D (b) daerah Sutorejo	39
Gambar 4.15 Lokasi pengukuran geolistrik daerah Klampis	40
Gambar 4.16 Penampang IP daerah Klampis (sebelum range diperkecil)	41
Gambar 4.17 Penampang IP (a) dan resistivity 2D (b) daerah Klampis	42

Gambar 4.18 Lokasi geolistrik pengukuran daerah ITS .....	43
Gambar 4.19 Penampang IP daerah ITS (sebelum range diperkecil) .....	44
Gambar 4.20 Penampang IP (a) dan resistivity 2D (b) daerah ITS	45

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Koordinat titik pengukuran sampel air sumur .....	19
Tabel 4.1 Kualitas sampel air sumur.....	25

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Daerah Surabaya merupakan daerah perkotaan dengan populasi penduduk sebanyak 2,765 juta jiwa (UNdata, 2010). Sebagian wilayah Surabaya timur tepatnya Gunung Anyar hingga Kenjeran merupakan daerah pesisir. Kawasan Pesisir Surabaya merupakan Kawasan Strategis Ekonomi dengan luas wilayah 521,62 hektare yang terdiri dari dua kecamatan (Kenjeran dan Bulak) dan enam kelurahan dengan panjang garis pantai 8627.80 meter (Hakim, 2015). Sehingga tidak dipungkiri sebagian air sumur di wilayah Surabaya memiliki rasa asin karena salinitas tinggi yang disebabkan adanya asosiasi dengan wilayah pantai.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi adanya zona intrusi air laut pada air tanah dengan metode *Induced Polarization 2D*. Sebagai acuan untuk membuat desain akuisisi digunakan data parameter air tanah yang diambil dari sumur di beberapa titik di Surabaya Timur. Parameter air tanah yang diukur adalah pH, konduktivitas, *total dissolved solids*, salinitas, dan kedalaman akifer sumur. Dari penelitian ini diharapkan adanya hubungan yang terlihat jelas antara metode *Induced Polarization 2D* dengan parameter air terutama konduktivitas dan salinitas yang disebabkan adanya intrusi air laut. Metode *Induced Polarization 2D* akan menghasilkan penampang chargeabilitas bawah permukaan. Penampang tersebut akan dianalisa untuk melihat perbedaan chargeabilitas pada akifer air tawar dan air asin.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui persebaran nilai chargeability pada penampang.
2. Bagaimana mengidentifikasi karakteristik air tanah berdasarkan metode IP 2D dengan korelasi data sumur.
3. Bagaimana mengidentifikasi adanya zona intrusi air laut pada air tanah.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui persebaran nilai chargeability pada penampang bawah permukaan.
2. Mengidentifikasi karakteristik air tanah berdasarkan metode IP 2D dengan korelasi data sumur dan resistivitas.
3. Mengidentifikasi adanya zona intrusi air laut pada air tanah.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang diambil di lapangan adalah sampel air sumur pada tanggal 10 November 2016 (musim penghujan), data IP, dan data resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger.
2. Interpretasi serta identifikasi adanya intrusi air laut berdasarkan penampang chargeabilitas yang dikorelasikan dengan data sumur dan resistivitas.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah memahami metode Induced Polarization (IP) sebagai salah satu metode untuk eksplorasi air tanah serta untuk identifikasi zona intrusi air laut.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kondisi Hidrogeologi Surabaya**

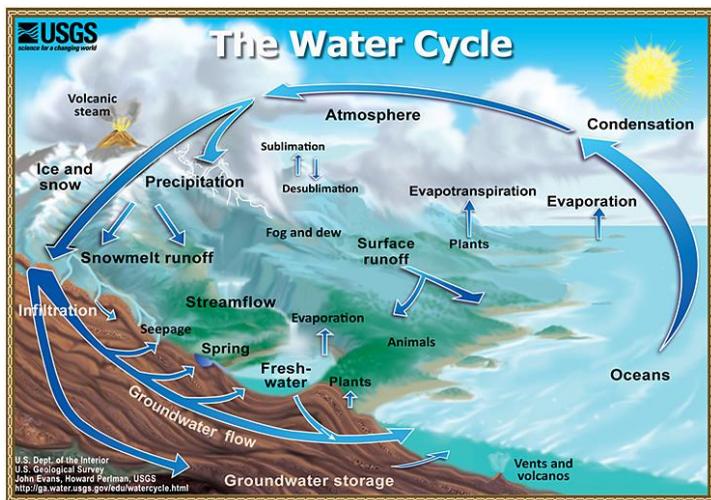
Surabaya merupakan ibukota Provinsi Jawa Timur dan kota terbesar kedua di Indonesia. Kota Surabaya terletak pada 7°9' - 7°21' LS dan 112°36' - 112°57' BT. Luas daratan sebesar 33.048 Hektar dan luas wilayah laut yang telah dikelola pemerintah kota sebesar 19.039 Hektar. Topografi Kota Surabaya adalah 80% merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 – 6 meter diatas permukaan air laut. Dataran rendah Kota Surabaya terbentuk dari endapan alluvial sungai dan endapan pantai. Sedangkan 20% Kota Surabaya merupakan daerah perbukitan landai dengan ketinggian 25-50 meter diatas permukaan air laut yang berupa tanah dengan kadar kapur yang tinggi. (BAPPEDA, 2013)

Surabaya merupakan kota tropis yang memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan penghujan. Musim kemarau biasanya terjadi pada Bulan Mei hingga Oktober, sedangkan musim penghujan pada bulan November hingga April. Akan tetapi perubahan musim di Surabaya sulit diprediksi dikarenakan fenomena pemanasan global. Curah hujan rata-rata Kota Surabaya tahun 2013 adalah sebesar 218 mm dengan temperatur rata-rata antara 27-30°C. (BLH, 2013)

Kota Surabaya tidak memiliki sumber mata air sehingga untuk penyediaan kebutuhan air bersih Kota Surabaya sebesar 110 L/dt dipenuhi oleh Mata Air Umbulan yang terletak 60 km dari Kota Surabaya (BLH Kota Surabaya, 2013). Air tanah di Kota Surabaya berasal dari air hujan dan air permukaan dengan jenis yang berbeda-beda tergantung oleh jenis pohon dan jenis tanah. Air tersebut dapat meresap ke dalam lapisan tanah dan membentuk suatu akuifer. Akifer adalah suatu lapisan tanah atau batuan yang mengandung air dan dapat mengalirkan air. Air inilah yang dapat memasok air ke sumur-sumur sehingga dapat digunakan untuk kehidupan sehari-hari. (USGS, 1982)

Ketersediaan air tanah dapat terjaga dikarenakan terdapat suatu mekanisme alam yang berlangsung secara terus menerus. Mekanisme tersebut disebut dengan siklus hidrologi. Siklus hidrologi merupakan siklus air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang

berlangsung terus menerus. Pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa siklus hidrologi air terjadi melalui berbagai macam tahapan antara lain evaporasi (penguapan badan air permukaan seperti danau ataupun laut), transpirasi (penguapan oleh makhluk hidup), sublimasi (perubahan es di kutub menjadi uap air), kondensasi (perubahan uap air menjadi es karena suhu rendah di atmosfer sehingga menjadi awan), presipitasi (proses mencairnya awan Karena suhu udara tinggi sehingga terjadi hujan), run off (pergerakan air dari tempat tinggi ke tempat rendah, dan infiltrasi (proses merembesnya air ke pori-pori tanah dan terakumulasi menjadi air tanah). (Subramanya, 2008)



Gambar 2.1 Siklus air (USGS, Summary of the Water Cycle, 2016)

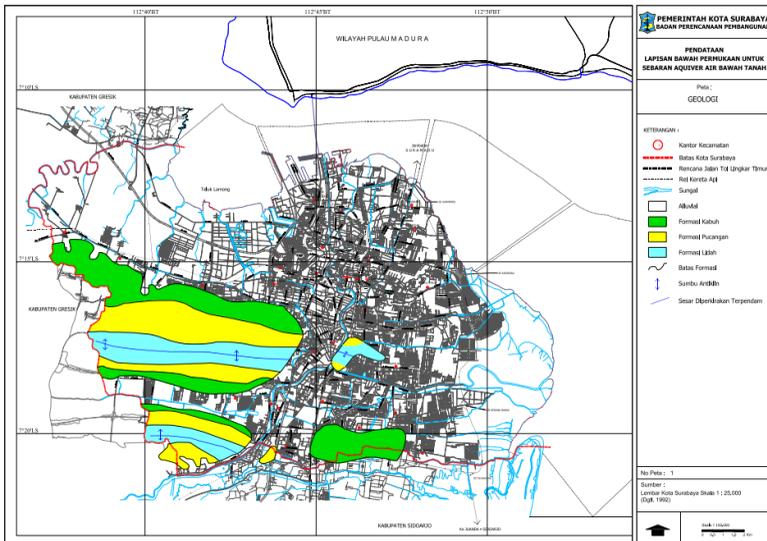
Dari peta geologi lembar Surabaya tahun 1992 dapat dilihat bahwa sebagian besar kota Surabaya terdiri dari batuan alluvial yang meliputi 70% seluruh luas kota Surabaya. Terdapat juga beberapa formasi seperti formasi Lidah, Pucangan, dan Kabuh.

- Endapan Alluvial  
Endapan alluvial tersebar dari utara, selatan, dan timur kota Surabaya. Tersusun dari material rombakan dapat berupa

lempung dan kerakal yang berwarna abu-abu tua. Endapan alluvial merupakan endapan yang yang dihasilkan dari sedimen-sedimen aliran sungai dan sedimen-sedimen pantai. Di beberapa wilayah juga dijumpai pecahan-pecahan cangkang fosil.

- **Formasi Lidah**

Formasi Lidah meliputi daerah Wonokromo, Sawahan, Dukuh Pakis, Lakarsantri, Wiyung, dan Karangpilang. Formasi Lidah terdiri dari batulempung abu-abu, batu lempung biru, batulempung hitam, dan mengandung sisipan batupasir moluska. Formasi ini dipengaruhi oleh proses transgesi hingga Plistosen.



Gambar 2.2 Peta geologi kota Surabaya (BLH, 2013)

- **Formasi Pucangan**

Penyebaran batuan formasi pucangan meliputi daerah Dukuh Pakis, Sawahan, Sukomanunggal, Tandés, Wiyung, Lakarsantri, Karangpilang, dan Gubeng. Ketebalan berkisar antara 61-480 m. Berumur Pliosen akhir hingga Plistosen. Pada bagian bawah formasi ini dijumpai batu pasir tufaan berlapis baik, berswisipan konglomertay, dan batu lempung, kaya fosil moluska, dan

plankton. Bagian atas terdiri dari batupasir baik, berstruktur perairan, dan silang siur.

- **Formasi Kabuh**

Formasi kabuh meliputi wilayah Kecamatan Rungkut, Wonocolo, Tenggilis, Wiyung, Karangpilang, Lakarsantri, Tandes, Sukomanunggal, Benowo, dan Dukuh Pakis. Formasi kabuh terletak diatas formasi pucangan. Terdiri dari batupasir kerikilan dengan material non vulkanik seperti kuarsa berstruktur silang siur dengan sisipan konglomerat, dan tuff, mengandung fosil Moluska air tawar dan fosil-fosil vertebrata berumur Plistosen Tengah. (BLH, 2013)

### **2.1.2 Akifer Surabaya**

Secara garis besar, jenis akuifer di Kota Surabaya adalah Akuifer dengan Aliran Melalui Ruang Antar Butir. Akuifer ini terdapat di daerah pantai, lembah sungai, dan pegunungan terlipat. Terdiri dari dua jenis yaitu:

- **Akuifer Produktif Sedang:** Memiliki karakteristik keterusan sedang sampai rendah, paras air tanah beragam dari atas sampai dibawah permukaan tanah dan serahan sumur < 5 liter/detik. Tersebar di seluruh wilayah Kota Surabaya.
- **Akuifer Produktif Sedang dan Setempat:** Memiliki karakteristik tidak menerus, tipis dengan keterusan rendah sampai sedang serta serahan sumur <5 liter/detik. Tersebar di bagian barat Kota Surabaya terutama Kecamatan Benowo, Lakarsantri, Tandes, Sukomanunggal, dan Dukuh Pakis.

Tipologi Sitem Akuifer di Surabaya adalah berupa endapan alluvial atau disebut juga akuifer Pantai. Akuifer pantai memiliki potensi air tanah yang cukup baik. Dari segi kuantitas, air tanah pada akuifer pantai dapat menjdai sumber air tanah yang baik. Akan tetapi, dari segi kualitas akuifer aluvial oantai merupakan akuifer yang buruk karena biasanya berbau, berwarna kuning, keruh, serta kandungan garam yang tinggi.

Aliran air tanah Kota Surabaya berasal dari dua recharge area yaitu dari pegunungan lipatan yaitu formasi pucangan dan pegunungan vulkanik. Pertemuan kedua arah aliran air tanah terdapat di wilayah

Surabaya Barat di sekitar Kali Rawa. Semua jenis wilayah Kota Surabaya sudah mengalami intrusi air laut dan kadar garam yang tidak sesuai standar air minum. Hal ini disebabkan pemanfaatan air tanah yang berlebihan tanpa adanya pengendalian atau *feedback* yang seimbang sehingga mempengaruhi kondisi air tanah itu sendiri yang mengakibatkan adanya intrusi air laut. Hal ini umumnya banyak terjadi di daerah yang berdekatan dengan pantai. Penataan ruang kota harus disesuaikan dengan kondisi fisik lingkungan untuk mencegah meluasnya intrusi. Air tanah di Kota Surabaya dibedakan dalam 5 zona:

1. Zona air tawar sedang

Daerah ini termasuk wilayah pengambilan air tanah intensif untuk dikembangkan terbatas untuk kebutuhan air minum untuk kegiatan jasa atau pemukiman. Terletak di perbatasan Kecamatan Suko Manunggal dengan Kecamatan Sawahan berada di sebelah timur jalan tol menuju perak

2. Zona air tawar potensi rendah. Dibagi menjadi dua:

- Zona Air Tawar wilayah perbukitan.

Terletak di sebagian besar Kecamatan Lakasantri Bagian Utara, Sebagian daerah Kecamatan Dukuh Pakis sampai ke Perbatasan dengan Kecamatan Sawahan, sebagian Kecamatan Suko Manunggal. Daerah ini merupakan daerah *recharge* area yang tersusun atas material lempung yang bercampur dengan material gunung api yang nilai keterusannya sangat besar.

- Zona Air Tawar wilayah daratan

Memiliki debit air tanah yang rendah, sehingga disarankan pemanfaatannya untuk kebutuhan air minum rumah tangga atau untuk pengembangan pemukiman. Terletak di sebagian besar Surabaya Pusat dan Surabaya Selatan, kecuali daerah perbatas antara Wonokromo dan Wonocolo bagian timur yang mengalami intrusi air laut, bagian selatan dari Kecamatan Gayungan, Wonocolo, dan Tenggilis. Wilayah air tawar di Surabaya Timur tersebar di daerah rungkut bagian barat, Sukolilo bagian barat, Gubeng bagian barat, dan Tambaksari bagian barat.

3. Zona air tanah agak payau/agak asin potensi sedang

Air tanah pada daerah ini sudah terintrusi oleh air laut, yang disebabkan oleh pemompaan yang melebihi debit air tanah. Terletak

di Kecamatan Sukomanunggal utara, Tandes, dan sebagian Kecamatan Benowo.

4. Zona air tanah agak payau/ potensi rendah

Terletak di daerah Surabaya bagian Timur, Surabaya Utara serta sebagian kecil Surabaya Selatan, dan lereng perbukitan Surabaya Barat. Hal ini menunjukkan bahwa intrusi air laut sudah menyebar pada sebagian recharge area.

5. Zona air tanah asin/payau

Terletak pada daerah Kawasan Industri meliputi daerah perbatasan antara kecamatan Sukomanunggal dengan Tandes bagian utara, di perbatasan antara Tandes dan Kecamatan Benowo, di daerah Benowo bagian barat sampai ke perbatasan dengan Kabupaten Gresik serta di daerah Rungkut bagian timur. (BLH, 2013)



Elevasi muka air tanah dipengaruhi oleh musim. Pada musim penghujan, tinggi elevasi muka air tanah tentunya akan mengalami kenaikan. Elevasi muka air tanah dapat dinyatakan dalam satuan meter (m) maupun centimeter (cm). Biasanya standar ukuran ketinggian elevasi menggunakan datum rata-rata permukaan air laut (MSL/Mean Sea Level).

## **2.2 Parameter Kualitas Air Tanah**

### **2.2.1 pH**

pH adalah suatu satuan ukur yang menguraikan derajat kadar keasaman atau kadar alkali dari suatu larutan. pH diukur dalam skala 0 sampai 14. Persamaan pH adalah sebagai berikut.

$$pH = -\log[H^+] \quad (2.1)$$

Dengan kata lain pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen. Larutan bersifat asam apabila pH bernilai kurang dari 7 yang berarti bahwa konsentrasi  $[H^+]$  lebih besar daripada  $[OH^-]$ . Sedangkan larutan bersifat basa apabila pH bernilai lebih dari 7 yang berarti bahwa konsentrasi  $[OH^-]$  lebih besar dari  $[H^+]$ . (Hach, 2010)

### **2.2.2 Salinitas**

Salinitas adalah tingkat kadar garam yang terlarut dalam air. Salinitas dapat dinyatakan sebagai banyaknya gram garam per kilogram air atau dalam bagian per ribu (ppt). Berdasarkan salinitasnya air dapat dibagi menjadi lima jenis yaitu 0-1 ppt (*fresh*), 1-3 ppt (*fresh to brackish*), 3-5 ppt (*brackish*), 5-35 ppt (*saline*), dan 35 ppt keatas (*hyper-saline*). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi salinitas air sumur misalnya curah hujan, penguapan, dan intrusi air laut. (EPA, 2015)

### **2.2.3 TDS (Total Dissolve Solid)**

TDS (*Total Dissolve Solid*) adalah suatu ukuran kandungan kombinasi dari semua zat-zat anorganik dan organik yang terdapat di dalam air. Total konsentrasi padatan terlarut adalah jumlah antara kation dan anion dalam air. Padatan terlarut dapat berasal dari material organik seperti daun, lumpur, plankton, limbah industri dan kotoran. Selain itu,

juga berasal dari bahan anorganik seperti batu dan udara yang mengandung kalsium bikarbonat, nitrogen fosfor besi, sulfur dan mineral lainnya. Air yang mengandung mineral non-organik tinggi sangat tidak baik untuk kesehatan karena mineral tersebut tidak akan hilang walaupun dengan cara direbus. Terdapat empat kategori rasa air berdasarkan TDS yaitu:

1. TDS kurang dari 300 ppm: *excellent*
2. TDS antara 300-600 ppm: *good*
3. TDS antara 600-900 ppm: *fair*
4. TDS antara 900-1200 ppm: *poor*
5. TDS diatas 1200 ppm: *unacceptable*

Menurut WHO standar air minum sehat yang layak dikonsumsi harus memiliki kadar TDS dibawah 1000 ppm. (WHO, 1996)

#### **2.2.4 Konduktivitas**

Konduktivitas air adalah kemampuan air untuk menghantarkan listrik. Semakin banyak garam-garam yang terlarut dalam air maka semakin tinggi kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas air dapat dinyatakan dalam satuan mhos/cm atau Siemens/cm. Konduktivitas air murni berkisar antara 0-200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (*low conductivity*), konduktivitas sungai sungai besar/major berkisar antara 200-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (*mid range conductivity*), dan air saline adalah 1000-10000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (*high conductivity*). Nilai konduktivitas untuk air layak minum sekitar 42-500  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ . Nilai konduktivitas lebih dari 250 mhos/cm tidak dianjurkan karena dapat mengendap dan merusak batu ginjal. (ENR, 2016)

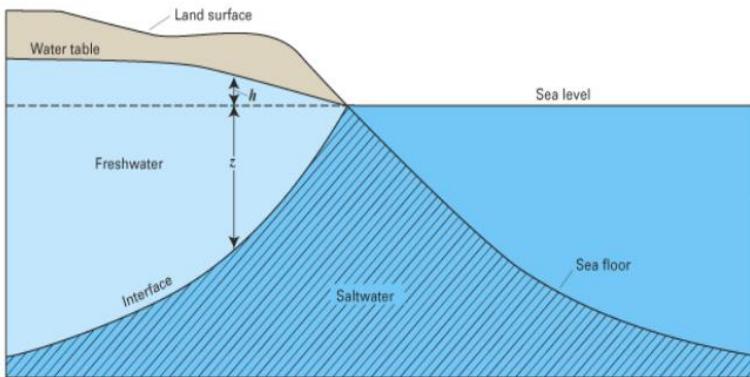
### **2.3 Intrusi Air Laut**

Intrusi air laut adalah penyusupan air laut (air asin) ke dalam akuifer air tawar. Intrusi air laut sering terjadi di daerah yang berdekatan dengan pesisir. Hal ini terjadi karena terganggunya keseimbangan hidrostatik antara air bawah tanah tawar dan air bawah tanah asin. Terdapat beberapa faktor terjadinya intrusi air laut antara lain:

1. Penurunan muka air bawah tanah atau bidang pisometrik di daerah pantai

2. Pemompaan air bawah tanah daerah pantai yang berlebihan
3. Masuknya air laut ke daratan melalui sungai, kanal, saluran, rawa, dan cekungan lainnya

Umumnya intrusi air laut terjadi di daerah perkotaan, ini disebabkan oleh terlalu banyaknya manusia mengambil air bawah tanah tanpa adanya *feedback* yang setimpal untuk regenerasi air tanah itu sendiri. Intrusi air laut mengakibatkan berkurangnya mutu air bawah tanah. Air tanah yang sebelumnya layak untuk digunakan sebagai air minum menjadi tidak layak lagi untuk digunakan. (Hendrayana, 2002)



Gambar 2.4 Ilustrasi hubungan antara air tawar dengan air asin di daerah pesisir (Barlow, 2016)

Ketebalan zona  $z$  dapat dihitung menggunakan persamaan Ghyben-Herzberg sebagai berikut ini.

$$z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h \quad (2.2)$$

Dimana

$\rho_f$  = densitas air tawar

$\rho_s$  = densitas air asin

Persamaan diatas dapat ditulis juga sebagai berikut ini.

$$z = 40h \quad (2.3)$$

## **2.4 Metode IP (*Induced Polarization*)**

Prinsip metode IP adalah mengalirkan arus listrik kedalam bumi dan mengamati beda potensial yang terjadi setelah arus listrik dihentikan. Pada saat arus diinjeksikan, ion-ion dalam pori-pori batuan akan teridistribusi dari posisi stabil menjadi tidak stabil. Ketika arus diputus, seharusnya beda potensial langsung menjadi nol, akan tetapi pada medium-medium tertentu beda potensial tidak langsung menjadi nol dikarenakan medium bersifat seperti kapasitor (menyimpan senergi listrik). Energi listrik masih tersimpan dalam bentuk energi elektrokimia pada fluida elektrolit maupun mineral konduktif pada pori-pori batuan. Jadi setelah arus diputus, ion-ion yang sebelumnya mengalami pengkutuban berangsur-angsur kembali ke keadaan seimbangnya dengan kata lain masih terdapat beda tegangan yang akan meluruh terhadap waktu sampai nilainya menjadi nol. (Telford, 1990)

### **2.4.1 Jenis-jenis Polarisasi**

#### **a. Polarisasi Membran**

Polarisasi membran diakibatkan karena adanya lempung pada pori-pori batuan. Sifat lempung adalah bermuatan negatif. Hal ini akan mengakibatkan muatan (+) pada elektrolit akan tertarik ke dinding lempung sehingga terjadi akumulasi muatan (+) pada dinding lempung. Muatan (-) elektrolit akan menjauhi partikel lempung. Ketika diberikan arus listrik maka muatan elektron dari arus listrik akan terhambat oleh awan muatan (+) yang terakumulasi. Proses penghambatan ini menjadi konsep dasar polarisasi membran dalam pori-pori batuan.

#### **b. Polarisasi Elektroda**

Polarisasi Elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik ketika melalui pori-pori tersebut. Muatan akan terpolarisasi pada bidang

batas (terjadi hambatan elektrokimia) dan menghasilkan beda potensial. Untuk memaksa arus menembus hambatan elektrokimia diperlukan tegangan tambahan. Pada pori-pori yang terisi mineral, muatan (+) dan negatif akan bergerak ke sisi yang berlawanan sesuai dengan medan potensial yang mempengaruhinya. Batuan akan bersifat seperti kapasitor, sehingga ketika injeksi arus dihentikan masih terdapat tegangan sisa yang tidak langsung hilang tetapi berangsur-angsur meluruh terhadap waktu. (Telford, 1990)

#### **2.4.2 Pengukuran Metode IP Time Domain**

Pengukuran IP dalam time domain dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dan kemudian mengukur beda potensial setelah arus dimatikan. Pengukuran nilai beda potensial dilakukan hingga tegangan mencapai nilai nol. Parameter yang diukur adalah tegangan primer ( $V_p$ ) yaitu tegangan ketika arus belum dimatikan dan tegangan sekunder ( $V_s$ ) yaitu tegangan yang terukur selama waktu peluruhan. Untuk mengetahui besar nilai perbandingan efek polarisasi maka dibandingkan nilai  $V_p$  dan  $V_s$  dalam selang waktu  $t_1$  kemudian dikalikan 100%.

$$IPEffect = \frac{V_s(t_1)}{V_p} \times 100\% \quad (2.4)$$

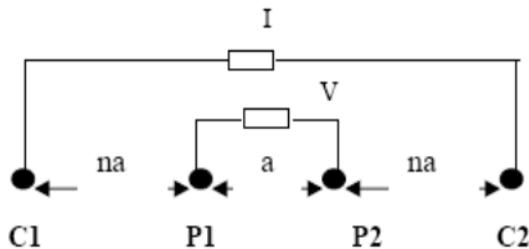
Untuk menghitung nilai apparent chargeability ( $Ma$ ) dilakukan dengan cara membandingkan nilai  $V_p$  dengan nilai rata-rata  $V_s$  yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan  $V_s$  terhadap sampel waktu peluruhan.

$$Ma = \frac{1}{V} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (2.5)$$

*Apparent chargeability* menunjukkan lama tidaknya efek polarisasi sesaat setelah arus dimatikan. Apabila waktu delay lama maka nilai  $Ma$  besar sehingga dapat diamsusikan adanya mineral konduktif. (Sharma, 1997)

## 2.5 Metode Wenner-Schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor pembanding “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda arus (AB) dengan potensial (MN). Apabila jarak elektroda potensial MN adalah a maka jarak elektroda AB adalah  $2na+a$ . (Priambodo, Purnomo, Rukmana, & Juanda, 2011)



Gambar 2.5 Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Priambodo, Purnomo, Rukmana, & Juanda, 2011)

Faktor geometri dari konfigurasi Wenner-Schlumberger adalah :

$$k = n(n + 1)\pi a \quad (2.6)$$

a adalah jarak antara elektroda M dan N

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Rujukan penelitian pertama adalah skripsi Siti Rahmah mahasiswi Universitas Indonesia pada tahun 2009 dengan judul Pencitraan Dua Dimensi Data Resistivity dan Induced Polarization untuk Mendelineasi Deposit Emas Sistem Epithermal di daerah “X”. Pada skripsi tersebut dijelaskan bahwa peneliti menggunakan konfigurasi Dipole-dipole dengan spasi elektroda 5 meter dan panjang lintasan 200 meter. Penetrasi kedalaman mencapai 50 m. Pengolahan data menggunakan *software* RES2DINV dengan jumlah iterasi sebanyak 3 kali. Dari penampang

chargeability 2D dan mengacu pada data geologi setempat dilakukan interpretasi adanya zona alterasi dan silifikasi yang mengandung deposit emas. Deposit emas memiliki chargeability  $>200$  msec.

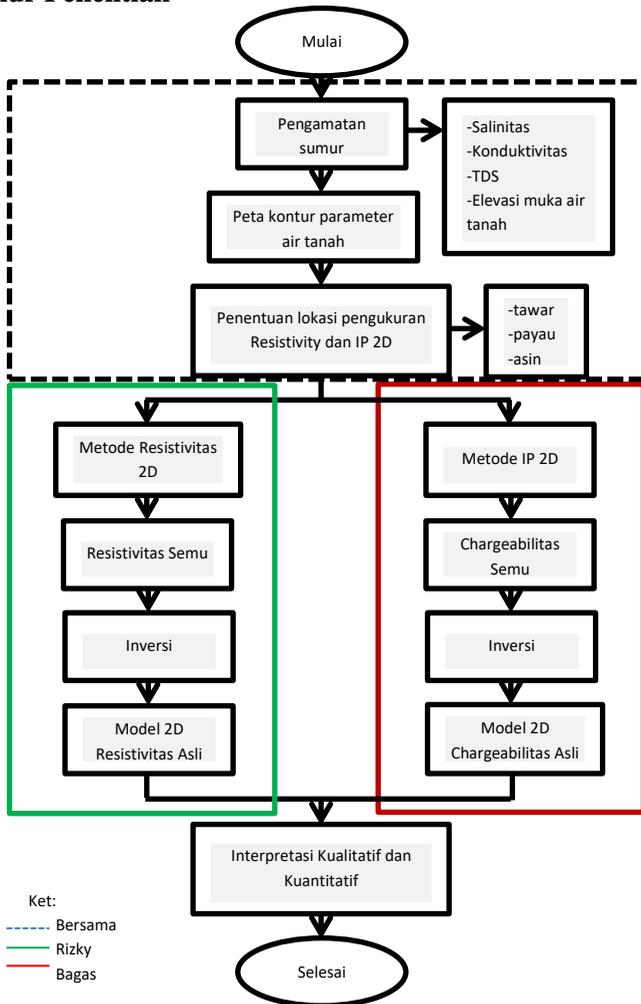
Rujukan penelitian kedua adalah skripsi Hadrian Eddy mahasiswa Universitas Indonesia pada tahun 2010 dengan judul *Pemodelan Data IP-Resistivity dan Magnetik untuk Melokalisir Endapan Nikel Laterit di Daerah "LTD", Sulawesi Tenggara*. Metode yang digunakan adalah Dipole-dipole dengan spasi elektroda 50 m sebanyak 21 lintasan. Pada penelitian tersebut dilakukan pembagian besar nilai chargeability menjadi 3 yaitu rendah (0-5 msec), menengah (5-15 msec), dan tinggi (15-25 msec). Berdasarkan nilai tersebut dapat dilakukan karakteristik material. Material dengan nilai chargeability rendah adalah material bukan hasil mineralisasi sedangkan nilai chargeability menengah-tinggi mengindikasikan adanya material hasil mineralisasi dalam hal ini berupa endapan mineral nikel laterit.

Rujukan penelitian ketiga adalah skripsi Ema Silvia Ambarsari pada tahun 2013 dengan judul *Aplikasi Metode Geolistrik untuk Identifikasi Intrusi Air Laut Studi Kasus Semarang Utara*. Akuisisi data menggunakan geolistrik multichannel dengan konfigurasi Wenner dengan spasi elektroda 5 m dan panjang lintasan 80 m. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* RES2DINV dan ROCKWORK. Hasil penampang menunjukkan material bawah permukaan berupa lempung dan pasir. Besar nilai resistivitas lempungan yang mengandung air laut berkisar antara 1,11 ohm.m sampai 6,5 ohm.m pada kedalaman 1,25 m sampai 13,4 m.

Rujukan penelitian keempat tentang intrusi air laut menggunakan metode IP adalah jurnal dari R. Balia dan A. Viezzoli dari *Universita di Cagliari* dan *Polo tecnologico di Navacchio*, Italy. Pada jurnal tersebut dilakukan penelitian tentang *monitoring* salinitas akuifer daerah pantai Muravera menggunakan metode IP yang diintergrasikan dengan *Transient Electromagnetic* (TEM). Penampang resistivitas dan chargeabilitas menunjukkan hasil yang cukup baik untuk mengidentifikasi zona clay dan air asin. Zona dengan resistivitas rendah (1-8 ohm.m) diinterpretasikan sebagai intrusi air laut. Zona dengan chargeabilitas tinggi ( $> 40$  mV/V) diinterpretasi sebagai lempungan.

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel air sumur dilaksanakan pada tanggal 10 November 2016 (musim penghujan). Lokasi pengambilan sampel air sumur dapat dilihat pada titik-titik warna kuning pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Titik pengambilan sampel air sumur

Untuk lebih detailnya mengenai koordinat masing-masing titik dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Koordinat titik pengukuran sampel air sumur

sumur	koordinat		alamat
S1	697734	9199361	Jl. Memet Sastrawirya, Bulak
S2	697028	9191564	Jl. Raya Kedung Baruk, Rungkut
T1	697505	9197069	Jl. Sutorejo, Mulyorejo
T5	695964	9188312	Jl. Kyai Abdul Karim, Rungkut Menanggal, Gn. Anyar
T8	696928	9190704	Jl. Penjaringan Timur, Penjaringan Sari, Rungkut
T10	697298	9191672	Jl. Raya Kedung Baruk, Rungkut
T11	695736	9190245	Jl. Raya Kedung Asem, Rungkut
T6	698486	9194877	Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo
M1	697028	9196930	Jl. Sutorejo, Mulyorejo
N1	695908	9199011	Jl. Dukuh Setro, Tambaksari
N2	695552	9196647	Jl. Dharma Husada Utara VII, Mojo, Gubeng
N3	696694	9194657	Jl. Manyar Kertoadi I, Manyar Sabrangan, Sutorejo
N5	695408	9193154	I. Manyar Jaya Praja II, Menur Pumpungan, Sukolilo
N8	698105	9188210	Jl. Gunung Anyar Jaya, Gn. Anyar
Z1	699406	9199294	Pantai Kenjeran

Desain akuisisi metode IP menggunakan acuan data sampel sumur yang telah diuji salinitasnya. Terdapat 3 lokasi pengukuran yaitu Sutorejo (L), Klampis (G), dan ITS (H). Desain akuisisi lintasan pengukuran ditunjukkan oleh titik merah pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Desain akuisisi

### 3.4 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan untuk survei air sumur adalah :

1. *Water Sampler*
2. GPS
3. Meteran
4. Botol
5. *Water Quality Tester* WT61



Gambar 3.4 *Water Sampler*

Alat *water sampler* merupakan suatu alat untuk mengambil sampel air dengan kedalaman tertentu. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data sampel air sumur dengan kedalaman kurang lebih 2 meter



Gambar 3.5 Water Quality Tester WT61

Alat water quality tester digunakan untuk mengukur parameter-parameter air tanah. Parameter-parameter tersebut adalah pH, konduktivitas, *total dissolved solids* (TDS), dan salinitas.

Peralatan yang digunakan untuk survei IP adalah:

1. Alat Geolistrik
2. Kabel penghubung
3. Elektroda 2 buah
4. Palu geologi 4 buah
5. GPS
6. Alat tulis
7. Meteran 2 buah (@50m)



Gambar 3.6 Alat Geolistrik

Alat geolistrik merupakan alat yang digunakan untuk akuisisi data metode *resistivity* dan *Induced Polarization* 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger. Parameter yang diukur adalah resistivitas dan chargeabilitas tanah bawah permukaan.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Data Sumur

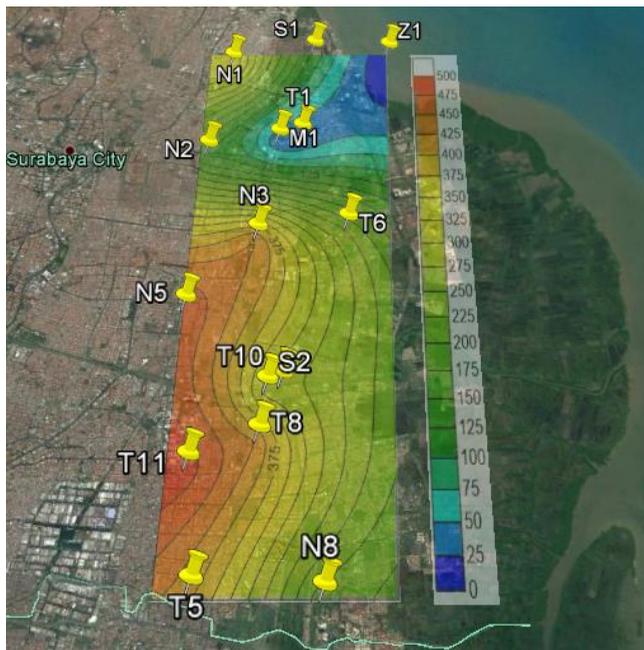
Data sumur didapatkan dari pengambilan sampel air sumur di beberapa wilayah di Surabaya Timur pada tanggal 10 November 2016 (musim penghujan). Pengambilan air sumur dilakukan dengan menggunakan alat *water sampler* dengan tujuan untuk mengambil air sumur yang berada di dasar sumur, sehingga diperoleh hasil berupa air yang asli berasal dari sumur tersebut. Kemudian sampel air sumur dimasukkan ke dalam botol. Dari sampel air tersebut dilakukan analisa sifat atau parameter air dengan menggunakan alat *water quality tester* WT61 untuk mengetahui kualitas dan jenis air tanahnya. Parameter yang diukur adalah salinitas, konduktivitas, TDS, dan pH. Selain pengambilan sampel, juga dilakukan pengeplotan titik sumur menggunakan GPS untuk mendapatkan koordinat dan elevasi daerah setempat. Elevasi muka air tanah didapatkan dengan mengurangi elevasi setempat dengan kedalaman muka air tanah, Hasil pengukuran kualitas sampel air sumur dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Kualitas sampel air sumur

sumur	koordinat		elevasi setempat (cm)	muka air tanah (cm)	elevasi muka air tanah (cm)	ph	konduktivitas (mS)	tds (ppt)	salinitas (ppt)
S1	697734	9199361	200	82	118	6.56	5.67	3.78	2.83
S2	697028	9191564	400	79	321	6.37	8.6	5.73	4.3
T1	697505	9197069	100	74	26	6.64	14.34	9.49	7.12
T5	695964	9188312	500	89	411	6.56	2.86	1.9	1.43
T8	696928	9190704	500	74	426	6.59	5.87	3.92	2.94
T10	697298	9191672	400	91	309	6.41	14.95	9.92	7.45
T11	695736	9190245	500	10	490	6.48	10.39	6.92	5.18
T6	698486	9194877	300	49	251	6.28	17.06	11.35	8.52
M1	697028	9196930	100	69	31	6.62	3.27	2.18	1.63
N1	695908	9199011	400	47	353	6.51	11.93	7.95	5.96
N2	695552	9196647	200	79	121	6.58	9.9	6.6	4.96
N3	696694	9194657	500	74	426	6.68	1.71	2.28	3.42
N5	695408	9193154	500	28	472	6.25	10.49	6.98	5.25
N8	698105	9188210	300	87	213	6.43	15.64	10.41	7.82
Z1	699406	9199294	0	0	0	7.83	55	35	35

#### 4.1.1 Elevasi Muka Air Tanah

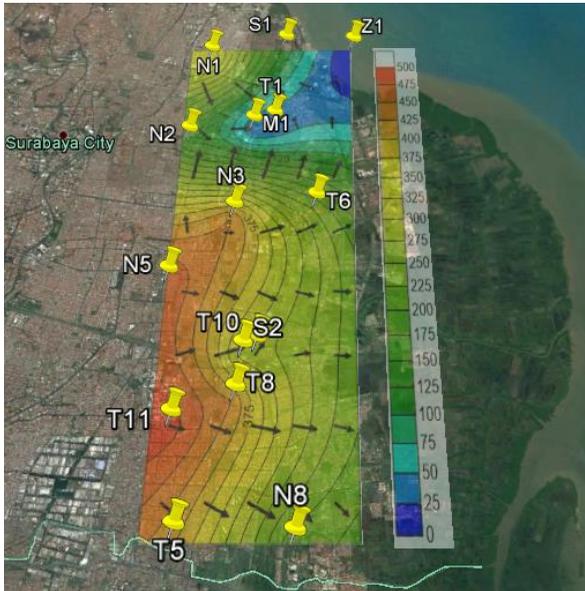
Parameter data yang diukur untuk mengetahui elevasi muka air tanah adalah koordinat sumur, data elevasi setempat (muka tanah), dan data kedalaman muka air tanah. Elevasi muka air tanah didapatkan dari pengurangan data elevasi setempat dengan kedalaman muka air tanah. Penggambaran kontur peta muka air tanah menggunakan *software* Surfer dengan memasukkan data koordinat dan elevasi muka air tanah tiap sumur.



Gambar 4.1 Kontur muka air tanah (dalam cm)

Garis kontur menunjukkan daerah-daerah yang memiliki tinggi muka air tanah yang sama yang dibuat melalui interpolasi data titik-titik sumur yang telah diketahui. Dari gambar kontur diatas dapat dilihat bahwa semakin kearah pantai kontur akan semakin turun. Kontur tertinggi adalah

5 meter pada pengukuran di titik T11 dan N5. Sedangkan kontur terendah adalah titik Z1 yang merupakan titik pantai yaitu 0 meter. Dari peta kontur muka air tanah dapat ditentukan garis-garis arah aliran (*flow line*) air tanah dengan menarik garis tegak lurus kontur muka air tanah.

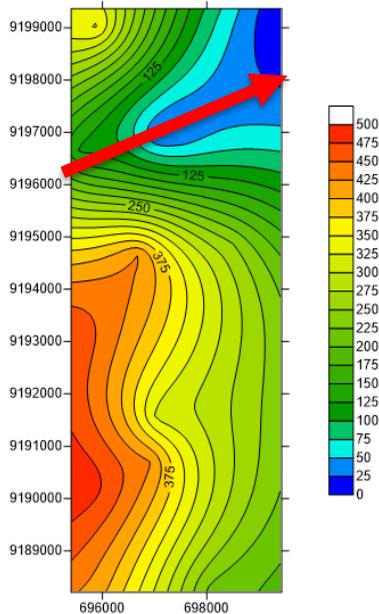


Gambar 4.2 Arah aliran air tanah

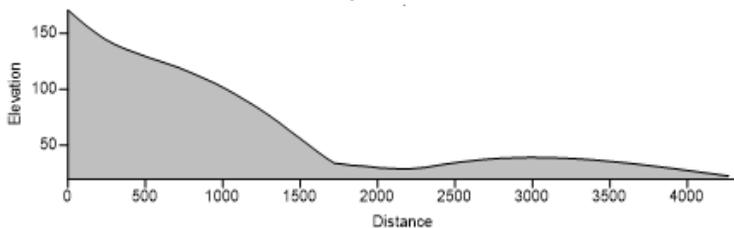
Garis arah aliran air tanah berfungsi untuk memprediksi arah pencemaran air tanah, mengetahui daerah tangkapan (*recharge*), dan daerah pemanfaatan (*discharge*). Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa semakin curam kontur muka air tanah akan semakin besar vektor aliran air tanahnya. Sebagai contoh dapat dilihat pada titik N3 sampai titik M1, vektor arah dan besar aliran air tanah sangat besar dikarenakan kontur yang curam.

Selain pembuatan arah aliran air tanah, dari elevasi muka air tanah juga dapat digunakan untuk membuat penampang Ghyben-Herzberg.

Dari penampang Ghyben-Herzberg dapat diperlihatkan letak air laut di bawah permukaan tanah. Letak air laut adalah sebesar 40 kali tinggi elevasi muka air tanah. Dari penampang air tanah dilakukan *slicing* (garis warna merah) seperti pada gambar 4.3 dibawah. *Cross-section* hasil *slicing* dapat dilihat pada gambar 4.4.

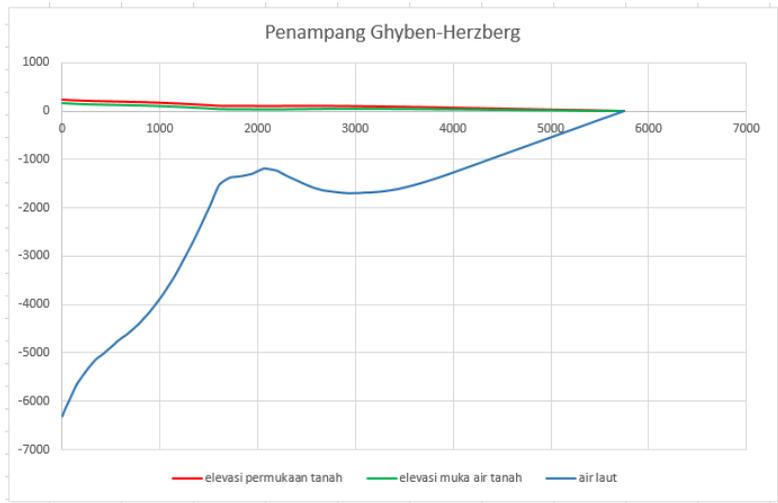


Gambar 4.3 *Slicing* kontur muka air tanah



Gambar 4.4 *Cross-section* hasil *slicing* muka air tanah

Hasil penampang Ghyben-Herzberg seperti pada gambar 4.5 dibawah ini.

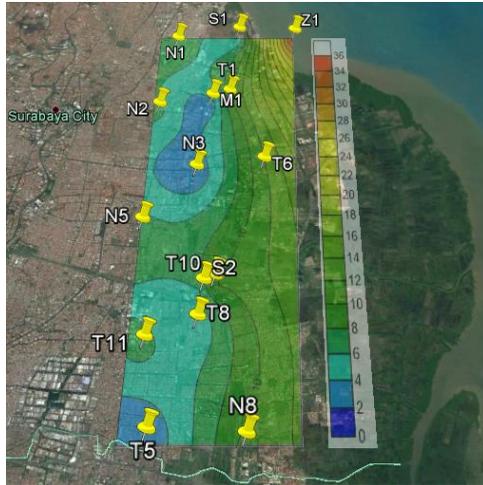


Gambar 4.5 Penampang Ghyben-Herzberg hasil slicing

Pada penampang hasil *slicing* terlihat bahwa terdapat kenaikan air laut. Hal ini disebabkan oleh penurunan muka air tanah. Menurunnya muka air tanah dapat disebabkan oleh pengambilan air yang berlebihan pada daerah tersebut.

#### 4.1.2 Parameter Kualitas Air

Data parameter kualitas air diperoleh dari pengambilan beberapa sampel air sumur untuk selanjutnya diuji kualitasnya menggunakan *Water Tester* WT61. Data parameter air sumur yang ditunjukkan pada tabel 4.1 diatas meliputi salinitas, TDS, konduktivitas, dan pH. Untuk mempermudah melakukan analisa, hasil dari uji kualitas air selanjutnya dibuat menjadi kontur-kontur.



Gambar 4.6 Kontur salinitas (dalam ppt)

Salinitas air pada gambar 4.3 dinyatakan dalam *part per thousand* (ppt). Dapat dilihat bahwa semakin ke arah pantai salinitas semakin tinggi. Dari titik sampel sumur T1 dan N8 sampai ke arah Timur memiliki salinitas air yang cukup tinggi dengan nilai 7 ppt keatas. Menurut EPA SA Australia, nilai 5 ppt keatas sudah termasuk air asin (saline). Hal ini menunjukkan bahwa intrusi air laut sudah mulai menyebar di wilayah Surabaya Timur. Nilai tertinggi salinitas terdapat pada titik Z1 yang merupakan sampel air laut yaitu >35 ppt. Salinitas 35 ppt berarti bahwa setiap kilogram (1000 gram) air laut mengandung 35 garam. Salinitas air tanah pada sumur-sumur T5, N3, dan M1 masih tergolong cukup baik untuk diminum karena salinitasnya yang masih rendah (berwarna biru).



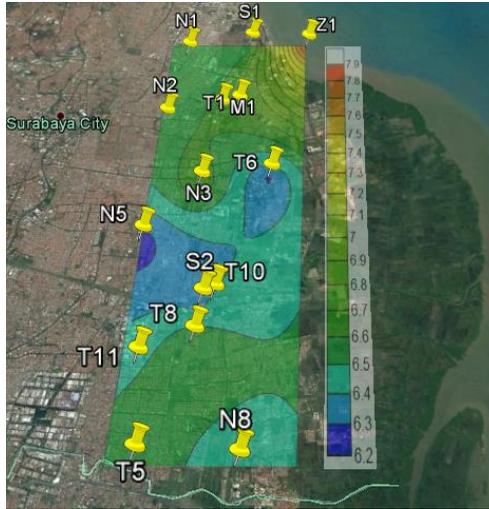
Gambar 4.7 Kontur TDS (dalam ppt)

*Total Dissolve Solid (TDS)* merupakan ukuran dari jumlah material yang dilarutkan dalam air. Material-material tersebut dapat bersifat organik maupun anorganik. Sebagian besar, nilai TDS dipengaruhi oleh garam-garam inorganik yang terlarut di dalam air. Oleh karena itu, nilai TDS berbanding lurus dengan nilai salinitas. Pada gambar 4.4, terlihat bahwa nilai TDS akan semakin tinggi ke arah laut. Titik sampel dengan nilai TDS tertinggi adalah Z1 yaitu 35 ppt yang merupakan air laut. TDS dapat digunakan untuk menentukan kualitas air minum. Mengonsumsi air dengan nilai TDS yang tinggi tidak akan berdampak langsung terhadap kesehatan. Tetapi adanya material yang terlarut di dalam air akan mempengaruhi rasa air tersebut. Menurut WHO, TDS air yang layak dikonsumsi adalah dibawah 1 ppt. Sebagian besar air sumur di wilayah Surabaya Timur sudah tidak layak untuk diminum karena kadar TDS yang sangat tinggi.



Gambar 4.8 Kontur konduktivitas (dalam mS)

Konduktivitas hasil pengukuran air sumur dinyatakan dalam satuan miliSiemens (mS). Konduktivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan listrik. Konduktivitas air akan meningkat apabila air banyak melarutkan garam-garam yang dapat terionisasi. Hal ini disebabkan garam terbuat dari ion sodium dan ion klorin. Ketika garam-garam terlarut dalam air, molekul air akan menarik ion-ion sodium dan klorin. Sehingga ion-ion tersebut akan terpisah dan mengambang bebas. Ion-ion inilah yang membawa listrik melalui air. Oleh karena itu, konduktivitas air akan berbanding lurus dengan TDS dan salinitas. Air yang baik merupakan air yang sulit dalam menghantarkan listrik. Air minum yang baik memiliki *range* nilai konduktivitas 5-50 mS. Air laut pada titik Z1 memiliki konduktivitas 55 mS.



Gambar 4.9 Kontur pH

Parameter pH merupakan suatu ukuran asam basa air. Besar kecilnya nilai pH merupakan suatu indikator penting untuk melihat apakah air berubah secara kimia. Dari hasil pengukuran pH tidak menunjukkan perbedaan yang ekstrim. pH dengan nilai 6-8.5 masih tergolong nilai yang normal.

Dari gambar kontur-kontur diatas terlihat adanya variasi kualitas air di Surabaya Timur. Salinitas, TDS, dan konduktivitas merupakan parameter yang berbanding lurus. Semakin besar salinitas maka akan semakin besar pula TDS dan konduktivitasnya. Hal ini juga dapat dilihat pada kontur salinitas, TDS, dan konduktivitas menunjukkan hasil yang hampir sama. Jika dilihat, terdapat hubungan yang sistematis dengan jauhnya garis pantai. Semakin dekat dengan garis pantai, nilai kontur salinitas, TDS, dan konduktivitas akan semakin tinggi yang berarti bahwa semakin ke arah laut air menjadi semakin *saline*. Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena adanya intrusi air laut.

Dari nilai salinitas air sumur dapat dibedakan menjadi beberapa kriteria. Menurut EPA SA Australia, air dapat dibagi menjadi lima jenis

berdasarkan salinitasnya yaitu 0-1 ppt (*fresh*), 1-3 ppt (*fresh to brackish*), 3-5 ppt (*brackish*), 5-35 ppt (*saline*), dan 35 ppt keatas (*hyper-saline*). Dari pembagian tersebut maka kontur salinitas dapat dibagi menjadi lima kelompok besar seperti gambar 4.7 dibawah.



Gambar 4.10 Kontur salinitas (dikelompokkan)

Menurut EPA SA Australia, rasa air ketika diminum dapat dibagi menjadi lima menurut salinitasnya yaitu 0-0.08 (*excellent*), 0.08-0.5 (*good*), 0.5-0.8 (*fair*), 0.8-1 (*poor*), dan 1 keatas (*unacceptable*). Dari nilai salinitas air sumur dapat dilihat bahwa hanya sedikit air sumur di Surabaya timur yang layak untuk diminum dikarenakan sebagian besar wilayah Surabaya timur sudah didominasi oleh air asin. Air sumur yang masih layak untuk diminum terdapat di daerah kontur berwarna biru tua dan biru muda yaitu di daerah Manyar Kertoadi, Sutorejo bagian barat, Penjaringan Timur, dan Rungkut Menanggal.

## **4.2 Analisa Pengukuran IP dan *Resistivity***

Data yang diperoleh dari lapangan merupakan data beda potensial primer (V), beda potensial sekunder (Vs), arus (I), dan waktu peluruhan (T). Dari data tersebut dilakukan perhitungan menggunakan persamaan-persamaan sederhana menggunakan software Ms. Excel untuk mengetahui nilai chargeabilitas semu dan resistivitas semu. Setelah itu dilakukan pengolahan menggunakan software RES2DINV untuk mengetahui nilai chargeabilitas sebenarnya dan resistivitas sebenarnya. Dari hasil pengolahan tersebut diharapkan menghasilkan penampang yang baik untuk kemudian dilakukan interpretasi adanya perlapisan serta terlihat adanya sebaran intrusi air laut. Sehingga dari penampang geolistrik dapat diidentifikasi dengan jelas perbedaan antara akifer air tawar, payau, dan asin.

Pengambilan data geolistrik dilakukan di tiga lokasi berbeda. Pemilihan lokasi didasarkan pada dugaan awal bahwa di tiap lokasi tersebut memiliki dampak intrusi yang berbeda. Hal ini berdasarkan pengukuran parameter air sumur yang menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Dari pengukuran tersebut dibuat suatu kontur untuk memperlihatkan zona-zona daerah dengan karakteristik tertentu. Dari parameter salinitas, dapat dibagi menjadi tiga zona yaitu salinitas rendah, sedang, dan tinggi. Zona salinitas yang tinggi berarti memiliki tingkat intrusi yang tinggi pula. Tiga lokasi pengukuran geolistrik antara lain daerah Sutorejo, Klampis, dan Keputih (ITS).



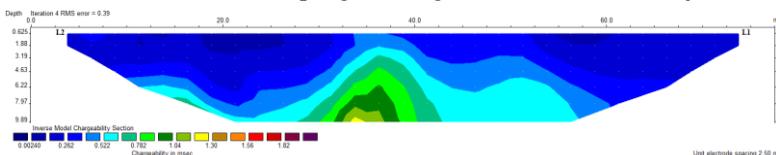
Gambar 4.11 Lokasi pengukuran geolistrik

#### 4.3.1 Daerah Sutorejo

Pengukuran IP dan *Resistivity* di daerah Sutorejo (titik L) dilaksanakan pada tanggal 10 Oktober 2016 pada pukul 11.00 WIB sampai 22.00 WIB dengan cuaca mendung. Lokasi pengukuran merupakan tanah alluvial dengan sedikit vegetasi dengan jarak 3 meter terhadap pantai. Walaupun berjarak dekat dengan pantai, pengukuran air sumur di daerah ini (sumur M1) menunjukkan nilai salinitas yang rendah yaitu 1.63 ppt. Sehingga air di daerah ini layak untuk diminum. Pengukuran geolistrik di daerah ini memotong 2 zona yaitu zona air tawar (*fresh*) dan zona air payau rendah (*fresh to brackish*). Bentangan pengukuran sebesar 80 m dengan jarak elektroda terkecil ( $a$ ) sebesar 2.5 meter dan factor spasi ( $n$ ) sebanyak 10. Sehingga didapatkan penampang dengan kedalaman 9 meter.



Gambar 4.12 Lokasi pengukuran geolistrik daerah Sutorejo



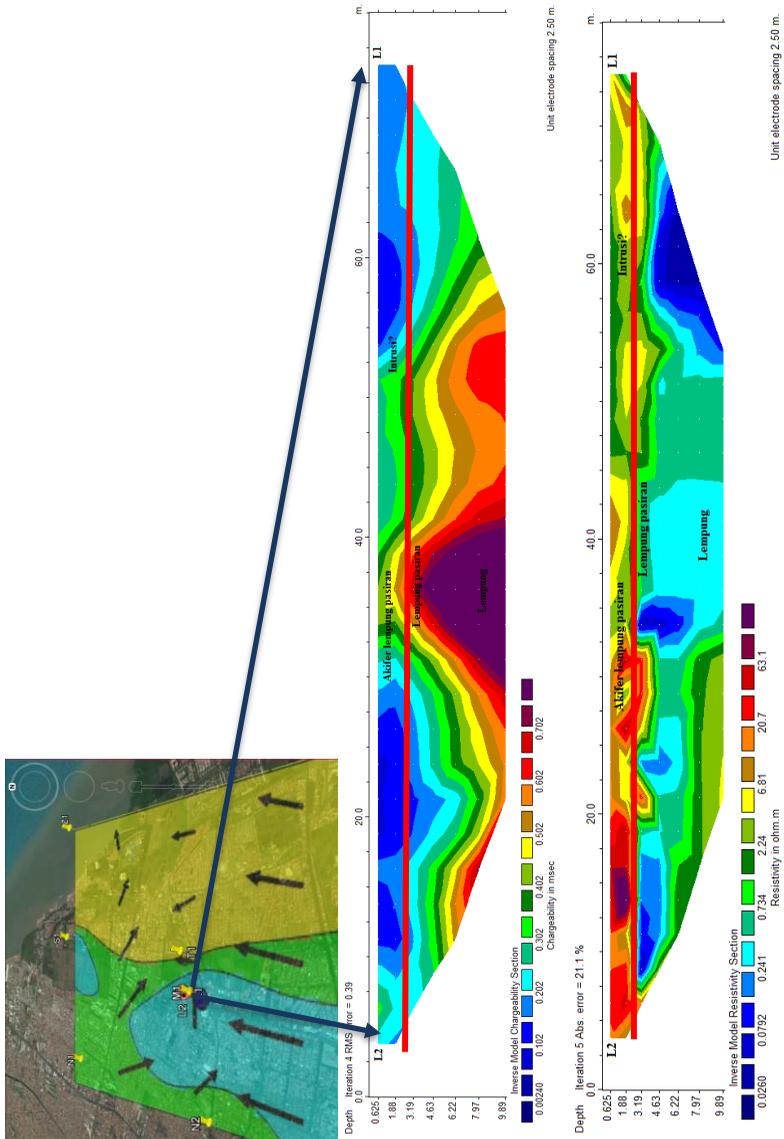
Gambar 4.13 Penampang IP daerah Sutorejo (sebelum *range* diperkecil)

Penampang IP daerah Sutorejo pada gambar diatas memiliki *range* nilai yang cukup besar (setelah *range* nilai disamakan dengan pengukuran di daerah klampis dan ITS) hal ini menyebabkan nilai-nilai *chargeability* yang kecil menjadi tidak terlihat. Oleh karena itu, dilakukan pengecilan *range* nilai agar penampang menunjukkan hasil yang cukup jelas. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.11(a).

Hasil penampang IP (setelah *range* diperkecil) pada gambar 4.11(a) menunjukkan nilai yang cukup bervariasi. Untuk mempermudah dalam menentukan perlapisan, digunakan data pengukuran *resistivity* pada gambar 4.11(b). Lapisan pertama memiliki nilai *chargeability* yang

rendah (0.00240-0.302 msec) yang ditunjukkan oleh warna biru. Apabila dibandingkan dengan data resistivitas maka terlihat dengan cukup jelas bahwa lapisan pertama memiliki kedalaman 0.6-3 meter dengan nilai resistivitas yang cukup tinggi (6.81-63.1 ohm.m). Lapisan pertama dapat diidentifikasi berupa lapisan akifer lempung pasir (garis merah). Dibagian tengah sampai timur laut (L1) didominasi oleh nilai resistivitas yang cukup rendah. Hal ini kemungkinan merupakan intrusi air laut dari arah timur laut. Hal ini juga diperkuat oleh data chargeability yang memiliki nilai yang rendah (0.202 msec). Dibawah lapisan pertama merupakan lapisan lempung pasir dengan kedalaman 3-8 meter (ketebalan 5 meter). Lapisan lempung pasir ini memiliki nilai chargeabilitas yang cukup tinggi (0.302-0.702 msec). Sedangkan resistivitasnya memiliki nilai rendah (0.0260-0.734 ohm.m). Lapisan ketiga terletak pada kedalaman 8 meter memiliki nilai chargeabilitas tinggi (0.702-1.30 msec) dan resistivitas sedang (0.734-6.81 ohm.m). Lapisan ketiga dapat diidentifikasi sebagai lapisan lempung.

Walaupun daerah pengukuran di Sutorejo ini berdekatan dengan pantai (3 meter), sumur disini (M1) memiliki kualitas air dengan salinitas yang kecil sebesar 1.63 ppt. Sehingga air di daerah ini masih layak untuk diminum. Daerah ini terlihat merupakan daerah batas intrusi. Bergeser sedikit ke arah timur laut, maka akan ditemukan air dengan salinitas payau dan asin. Kemungkinan besar daerah ini memiliki air yang masih bagus karena merupakan daerah zona tangkapan (*discharge*) dari daerah barat daya. Kontur muka air tanah terlihat cukup curam di daerah ini. Hal ini berarti bahwa aliran air cukup signifikan dari arah barat daya. Sehingga daerah ini tetap memiliki air yang baik. Apabila dibandingkan dengan nilai *resistivity* di kedalaman 0.6-3 meter yang merupakan zona akifer maka akan terlihat daerah timur laut memiliki resistivitas yang lebih kecil dibandingkan daerah barat daya. Kemungkinan resistivitas kecil (6.81 ohm.m) tersebut merupakan air laut. Sedangkan pada data IP sedikit menunjukkan adanya perbedaan chargeabilitas, di bagian timur laut terdapat nilai yang lebih lebih besar (0.202-0.302 msec) dibandingkan bagian barat daya yang didominasi oleh nilai *chargeability* kecil (0.00240 msec).



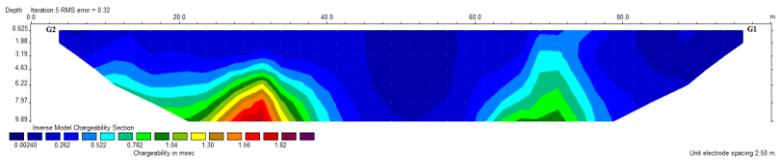
Gambar 4.14 Penampang IP (a) dan resistivity 2D (b) daerah Sutorejo

#### 4.3.2 Daerah Klampis

Pengukuran di daerah Klampis (titik G) dilaksanakan pada tanggal 11 Oktober 2016 dari pukul 10.00 WIB sampai 23.00 WIB dengan cuaca mendung berawan. Kondisi tanah merupakan tanah urukan dengan cukup banyak vegetasi. Lokasi daerah ini berjarak sekitar 6 km dari pantai dengan bentangan pengukuran sepanjang 100 meter. Air tanah di daerah ini merupakan air tanah payau rendah (*fresh to brackish*) dengan kadar 1-3 ppt. Bentangan geolistrik adalah sebesar 100 m dengan jarak elektroda terkecil (a) sebesar 2.5 meter dan factor spasi (n) sebanyak 10. Sehingga didapatkan penampang dengan kedalaman 9 meter.

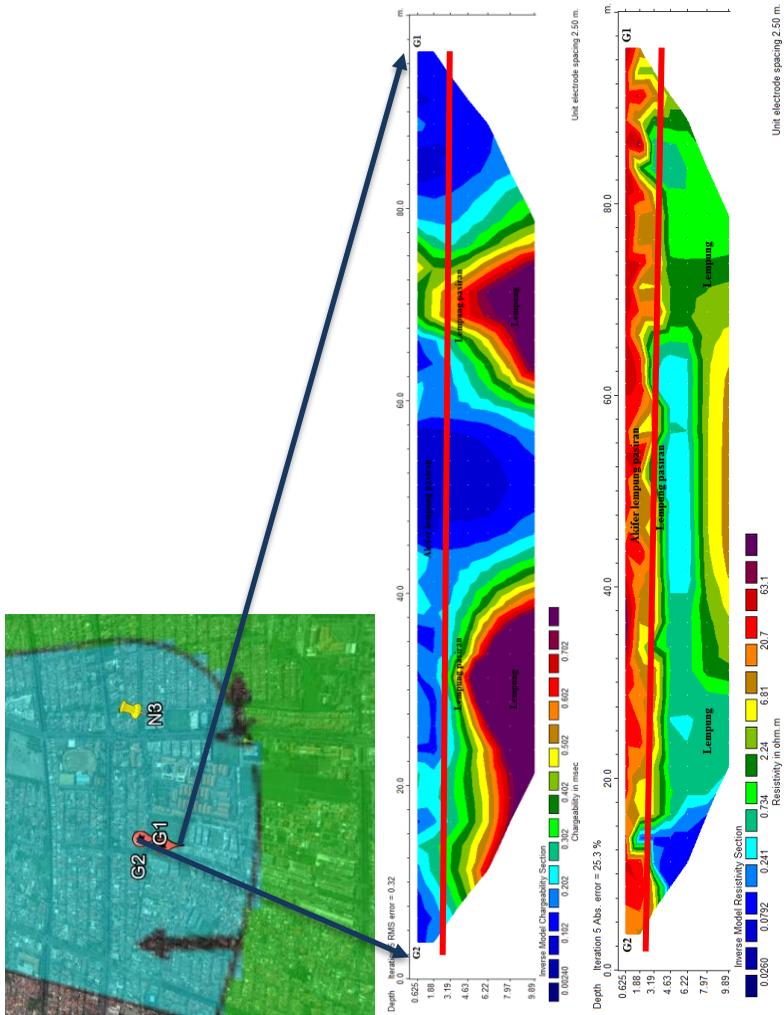


Gambar 4.15 Lokasi pengukuran geolistrik daerah Klampis



Gambar 4.16 Penampang IP daerah Klampis (sebelum *range* diperkecil)

Hasil pengolahan metode IP daerah Klampis dapat dilihat pada gambar 4.13 (sebelum *range* diperkecil) dan 4.14(a) (setelah *range* diperkecil). Hasil penampang pada daerah Klampis hampir sama dengan daerah Sutorejo. Dari penampang IP ini dapat dibagi menjadi tiga nilai range nilai. Nilai chargeabilitas rendah (0.00240-0.302 msec) ditandai dengan warna biru tua terletak di zona paling atas. Apabila dibandingkan dengan nilai resistivitas pada gambar 4.3(b) maka zona ini tepat berada di nilai resistivitas tinggi (6.81-63.1 ohm.m). Zona ini diinterpretasikan sebagai akifer pasiran dengan kedalaman 0.6-4 meter (garis merah). Akifer di daerah ini kemungkinan masih belum terkena dampak intrusi. Hal ini ditunjukkan oleh data chargeabilitas yang rendah (0.00240-0.302 msec) dan data resistivitas yang memiliki nilai cukup tinggi (0.241-2.24 ohm.m). Selain itu, hal ini juga diperkuat oleh data sumur di dekat daerah pengukuran (sumur N3) yang memiliki kedalaman muka air tanah sebesar 0.74 meter dan nilai salinitas yang kecil yaitu 3.42 ppt. Dibawahnya terdapat beberapa bagian zona yang memiliki nilai chargeabilitas cukup rendah (0.302-0.602 msec) ditandai dengan warna biru muda hingga hijau tua serta memiliki nilai resistivitas sedang (0.241-2.24 ohm.m). Lapisan ini merupakan lapisan lempung dengan sisipan pasir dengan kedalaman 4-8 m. Pada bentangan meter ke-30 dan 70 kedalaman 8 meter terdapat nilai chargeabilitas yang tinggi (0.602-1.82) dimana resistivity bernilai tidak terlalu kecil (2.24-6.81), perkiraan zona ini dapat berupa zona lempungan.

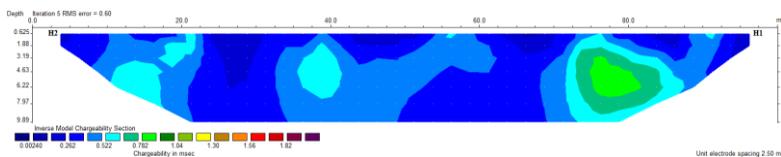


### 4.3.3 Daerah ITS

Pengukuran terakhir dilakukan di daerah dengan kualitas air berupa air asin. Daerah ini terletak di wilayah kampus ITS tepatnya berada di halaman BTH-BPPT. Lokasi pengukuran terletak 3 kilometer dari pantai. Pengukuran dilakukan pada tanggal 25 Nopember 2016 pada pukul 08.00-19.00 WIB. Kondisi tanah dipenuhi banyak vegetasi dan sedikit becek karena bekas hujan. Kondisi air di daerah ini merupakan air asin (*saline*) dengan kadar salinitas sebesar 8.52 ppt. Bentangan geolistrik adalah sebesar 100 m dengan jarak elektroda terkecil ( $a$ ) sebesar 2.5 meter dan faktor spasi ( $n$ ) sebanyak 10. Penetrasi kedalaman yang didapatkan sebesar 9 meter.

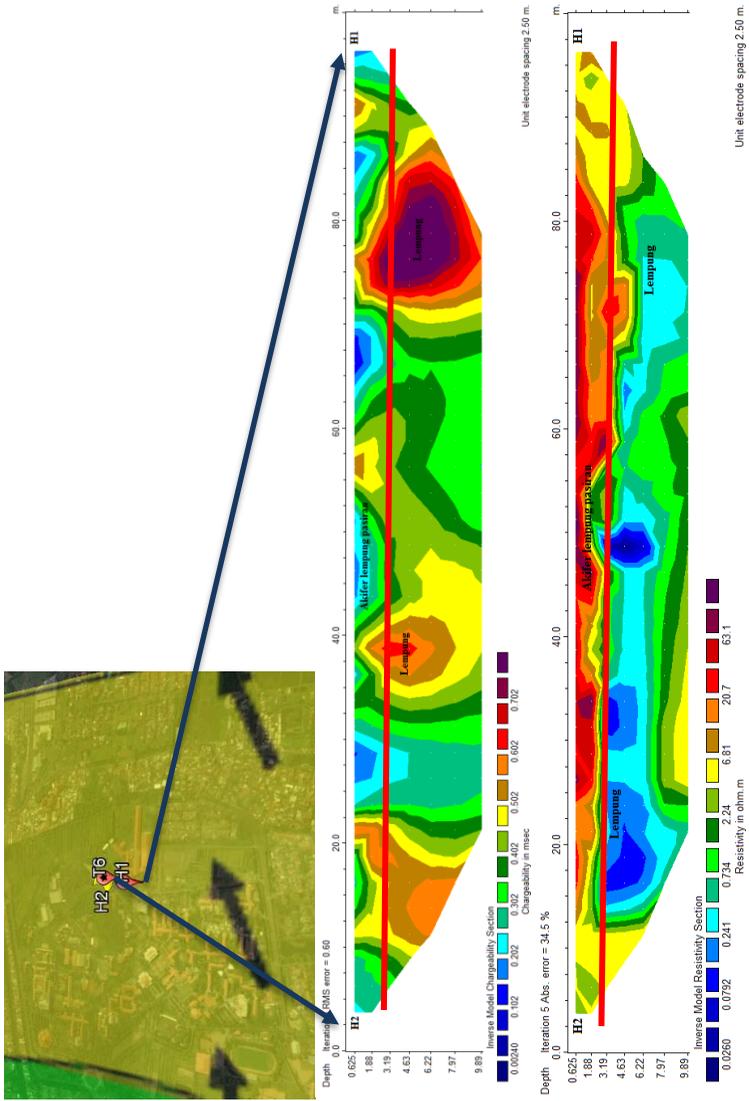


Gambar 4.18 Lokasi geolistrik pengukuran daerah ITS



Gambar 4.19 Penampang IP daerah ITS (sebelum *range* diperkecil)

Hasil penampang IP daerah ITS dapat dilihat pada gambar 4.16 (sebelum *range* diperkecil) dan 4.17(a) (setelah *range* diperkecil). Hasil penampang IP pada daerah ITS menunjukkan hasil chargeabilitas yang relatif rendah. Untuk memudahkan interpretasi dilakukan perbandingan dengan data *resistivity* yang ditunjukkan pada gambar 4.14(b). Terlihat bahwa penampang *resistivity* menunjukkan hasil yang cukup baik untuk menjelaskan adanya suatu perlapisan akuifer. Dari penampang *resistivity* dapat dibagi menjadi 3 sistem perlapisan utama. Lapisan pertama dengan kedalaman 0-2.5 meter merupakan lapisan akuifer pasir (garis merah). Lapisan ini memiliki nilai resistivitas yang cukup besar (6.81-63.1 ohm.m) dan nilai chargeabilitas cukup rendah (0.202-0.302 msec). Akuifer daerah ini merupakan akuifer air asin. Hal ini sesuai dengan data sumur T6 yang terletak di dekat lokasi pengukuran. Hasil resistivitas kurang dapat menunjukkan adanya intrusi air laut sedangkan hasil chargeabilitas memiliki nilai yang cukup rendah (0.202 msec) yang bisa berarti bahwa nilai tersebut merupakan nilai chargeabilitas air asin. Bisa berarti, nilai resistivitas yang menunjukkan nilai tidak terlalu kecil pada akuifer air asin disebabkan karena akuifer terdapat pada zona pasir yang berasosiasi lempungan (clay). Lapisan kedua merupakan lapisan lempung pasir dengan kedalaman 2.5-7.5 meter. Lapisan ini memiliki nilai resistivitas yang relatif kecil (0.0260-0.734 ohm.m) dan chargeabilitas kecil (0.502-0.602 msec). Lapisan ketiga dengan kedalaman 8 meter merupakan lapisan lempung. Lapisan ini memiliki nilai resistivitas sedang (0.734-6.81 ohm.m) dan chargeabilitas sedang (0.602-0.782 msec).



Gambar 4.20 Penampang IP (a) dan resistivity 2D (b) daerah ITS

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini.

1. Metode IP memiliki hasil yang cukup baik untuk mengidentifikasi lempung (0.602-1.82 msec).
2. Metode *resistivity* dapat mengidentifikasi zona akifer dengan baik. Akifer dengan nilai chargeabilitas rendah (<0.302 msec) dan resistivitas rendah (6.81 ohm.m) besar kemungkinan merupakan air asin.
3. Pada daerah ITS yang merupakan zona akifer air asin menunjukkan nilai resistivitas yang tidak terlalu kecil. Hal ini disebabkan adanya asosiasi dengan lempung. Tetapi, nilai chargeabilitas menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu 0.202 msec yang bisa berarti bahwa daerah tersebut merupakan zona akifer air asin.
4. Kedua metode IP dan *resistivity* saling melengkapi. Metode IP dapat memudahkan metode *resistivity* untuk tidak salah dalam melihat zona intrusi, karena nilai *resistivity* yang kecil dapat berupa zona lempung. Metode IP akan menunjukkan nilai yang tinggi apabila zona tersebut merupakan lempung dan nilai yang rendah apabila zona tersebut merupakan air asin.

#### **5.2. Saran**

Metode IP 2D dalam mengidentifikasi zona akifer dan intrusi air laut memerlukan adanya korelasi dengan data geofisika lainnya. Misalnya dalam penelitian ini, metode IP 2D kurang dapat memprediksi adanya suatu perlapisan akifer dengan baik. Di sisi lain, metode *resistivity* 2D dapat dengan baik menunjukkan adanya perlapisan akifer. Tentunya hal ini akan memudahkan untuk melakukan interpretasi.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari, E. S. (2013). Aplikasi Metode Geolistrik untuk Identifikasi Intrusi Air Laut Studi Kasus Semarang Utara. *Jurusan Fisika FMIPA UNS*.
- Bahri, S., & Madlazim. (2012). Pemetaan Topografi, Geofisika, dan Geologi Kota Surabaya. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*.
- Balia, R., & Viezzoli, A. (2015). Integrated Interpretation of IP and TEM data for Salinity Monitoring of Aquifers and soil in the coastal area of Muravera (Sardinia, Italy). *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*.
- BAPPEDA. (2013). *Kota Surabaya*. Surabaya: BAPPEDA.
- Barlow, P. M. (2016, November 23). *Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments of the Atlantic Coast*. Retrieved from USGS: <https://pubs.usgs.gov>
- Bemmelen, V. (1949). *The Geology of Indonesia*. Batavia: The Hague.
- Bery, A. A., Saad, R., Mohamad, E. T., Jinmin, M., Azwin, I., Tan, N. M., & Nordiana, M. M. (2012). Electrical Resistivity and Induced Polarization Data Correlation with Conductivity for Iron Ore Exploration. *EJGE*.
- BLH. (2013). *Buku Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Surabaya*. Surabaya: Pemerintah Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur.
- Eddy, H. (2010). Pemodelan Data IP-Resistivity dan Magnetik untuk Melokalisir Endapan Nikel Laterit di Daerah "LTD", Sulawesi Tenggara. *Program Studi Fisika FMIPA UI*.

- ENR. (2016). Conductivity. *Environment and Natural Resources Northwest Territories Canada*, 1-2.
- EPA. (2015, Mei 4). *Enviromental Info*. Retrieved from EPA SA Australia:  
[http://www.epa.sa.gov.au/environmental\\_info/water\\_quality/threats/salinity](http://www.epa.sa.gov.au/environmental_info/water_quality/threats/salinity)
- Hach. (2010). What is pH and How is It Measured? *A Technical Handbook for Industry*, 1-8.
- Hakim, A. (2015, Oktober 26). *Menggali "Mutiar" di Pesisir Kenjeran Surabaya*. Retrieved from Antara Jatim:  
<http://www.antarajatim.com>
- Hendrayana, H. (2002). Intrusi Air Asin ke dalam Akuifer di Daratan. *Geological Engineering Dept.*, 1-15.
- ITS, P.-K., & BAPEDDA. (1999). *Studi Sistem Jaringan Resapan Air Buatan di Kecamatan Kenjeran Kotamadya DATI II Surabaya*. Surabaya: Laporan Penelitian .
- Loke, M. H. (2011). *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Penang: Geotomo Software.
- Martinho, E., Almeida, F., & Matias, M. J. (2004). Time-Domain Induced Polarization in the Determination of the Salt/Freshwater Interface (Aveiro - Portugal). *SWIM*.
- N, M. I., Achmad, R. T., & Widodo, S. (2006). Pemetaan Sebaran Air Tanah Asin Pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah. *Berkala Fisika*.
- Priambodo, I. C., Purnomo, H., Rukmana, N., & Juanda. (2011). Aplikasi Metoda Geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger pada

- Survey Gerakan Tanah di bajawa, NTT. *Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi*, 1-10.
- Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya*. (2012). Surabaya: Badan Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Surabaya.
- Rahmah, S. (2009). Pencitraan Dua Dimensi Data Resistivity dan Induced Polarization untuk Mendelineasi Deposit Emas Sistem Epithermal di Daerah "X". *Jurusan Fisika FMIPA UI*.
- Setiyono, A., Wahyudi, & Suntoyo. (2013). Studi Potensi Air Tanah di Pesisir Surabaya Timur untuk Budidaya Perikanan Air Payau. *Jurnal Teknik POMITS*.
- Sharma, P. V. (1997). *Enviromental and Engineering Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Subramanya, K. (2008). *Engineering Hydrology*. New Delhi: McGraw-Hill.
- Suharto, B., Pranama, A., Firman, M., & Sumarno. (n.d.). Investigasi Penyebaran Intrusi Air Laut di Kota Bengkulu dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Studi Kasus : Daerah Kampung Cina, Sumur Melele dan Berkas. *Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu*.
- Telford, W. M. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Melbourne: Cambridge University Press.
- UNdata. (2010). *UNSD Demographic Statistics*. Retrieved from UNdata: <http://data.un.org>
- USGS. (1982). Science for A Changing World. *Water Science for Schools*, 1.

- USGS. (2016, December 15). *Summary of the Water Cycle*. Retrieved from The USGS Water Science School: <https://water.usgs.gov>
- WHO. (1996). *Total dissolved solids in Drinking-water*. Geneva: World Health Organization.
- Wibowo, M. (2001). Potensi Sumber Daya Air Tanah di Surabaya Berdasarkan Survei Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.

## PROFIL PENULIS



Bagas Aryaseto lahir pada tanggal 25 Desember 1993 di Tulungagung. Anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Bahriar dan Ibu Yuli Indarti. Pendidikan formal penulis dimulai pada tahun 2000 di SD Negeri Sanggrahan 1 hingga tahun 2006. pada tahun 2006 sampai 2009 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Tulungagung. Lulus dari SMP penulis menempuh pendidikan menengah ke atas di SMA Negeri 1 Boyolangu. Selepas lulus pada tahun 2012, Bagas melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Selama kuliah, penulis aktif di beberapa kegiatan organisasi keprofesian diantaranya Society of Exploration Geophysicist (SEG) dan Society Petroleum Engineer (SPE) bahkan menjadi bendahara *Society of Exploration Geophysics* (SEG) periode 2013/2014. Penulis juga aktif menjadi panitia dari beberapa even besar di kampus seperti menjadi panitia even internasional Petrolida SPE pada tahun 2013. Tidak hanya itu, dalam kegiatan berorganisasi penulis sempat menjadi staf Media Informasi (Medfo) untuk rintisan Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika ITS. Wisata kuliner setiap menjajaki daerah baru serta bermain game tanpa henti di akhir minggu merupakan salah satu hobi penulis. Jika ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir Penulis dapat menghubungi: [aryaseto.bagas@gmail.com](mailto:aryaseto.bagas@gmail.com)

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## LAMPIRAN

### A. Foto Penelitian Pengambilan Sampel Air Sumur

Titik M1



Titik S1



Titik S2



Titik T1



Titik T6



Titik T10



Titik T8



Titik T5



Titik N8



Titik N5



Titik N3



Titik N2



Titik N1



Titik T11



## Pengukuran Geolistrik

### Daerah Sutorejo





Daerah Klampis





Daerah ITS



