



**IDENTIFIKASI FENOMENA JEBAKAN AIR GARAM
MELALUI METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS
KONFIGURASI SCHLUMBERGER
STUDI KASUS DESA NGAGLIK,
KECAMATAN SAMBI BOYOLALI**

Skripsi

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

Oleh

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Fajar Sukmaya
4211412043

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

2017

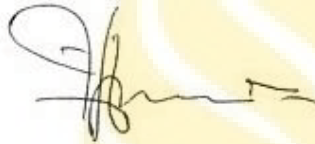
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “**Identifikasi Fenomena Jebakan Air Garam melalui Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Studi Kasus Desa Ngaglik, Kecamatan Sambu Boyolali**” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

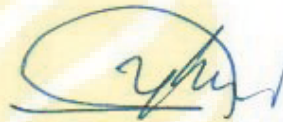
Semarang, Februari 2017

Pembimbing I

Pembimbing II



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



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



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Saya, yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fajar sukmaya
NIM : 4211412043
Program Studi : Fisika, S1

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul "Identifikasi Fenomena Jebakan Air Garam melalui Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Studi Kasus Desa Ngaglik, Kecamatan Sambi Boyolali" adalah hasil karya sendiri, bebas plagiat, dan bukan merupakan jiplakan hasil karya dari orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam laporan penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang - undangan.

Semarang, Februari 2017



Fajar Sukmaya
NIM. 4211412043

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Identifikasi Fenomena Jebakan Air Garam melalui Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Studi Kasus Desa Ngaglik, Kecamatan Sambi Boyolali

disusun oleh

Fajar Sukmaya
4211412043

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas Negeri Semarang pada tanggal 17 Februari 2017

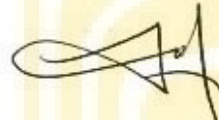
Panitia Ujian :



Ketua

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

Sekretaris



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

Ketua Penguji



Dr. Khumaedi, M.Si.
NIP. 196306101989011002

Anggota Penguji/

Dosen Pembimbing I



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

Anggota Penguji/

Dosen Pembimbing II



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

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- ◆ Kemajemukan harus bisa diterima, tanpa adanya perbedaan
(Abdurrahman Wahid)
- ◆ Marilah kita tidak mencari cara untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi pada masa lalu, tetapi marilah kita menerima tanggung jawab kita sendiri untuk masa depan.
(J. F. Kennedy)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kampusku tercinta Universitas Negeri Semarang Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
2. Jurusan kebanggaan saya Jurusan Fisika Unnes
3. Kedua orangtuaku Ayahanda Eman Supendi dan Ibunda tercinta Rumsiti yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan doa yang tulus tiada hentinya.
4. Saudaraku tercinta Linda yang selalu mendukungku untuk lebih maju.
5. Dosen pembimbing Prof. Supriyadi, M.Si dan Prof. Dr. rer.nat Wahyu Hardyanto, M.Si yang selalu membimbing dan memberikan arahan selama skripsi ini disusun.
6. Keluarga besar Mahasiswa Fisika angkatan 2012 yang dengan setia kebersamai perjuangan ini.
7. Kakak-kakak senior jurusan Fisika yang selalu memberikan pembelajaran hidup, dan adik-adik junior yang selalu berbagi kebahagiaan.
8. Keluarga Besar Kelompok Studi Geofisika Unnes tahun 2015 baik senior maupun junior.
9. Pimpinan dan Staff Dinas ESDM Jawa Tengah yang telah memberikan kesempatan pengalaman bekerja dan membuka wawasan dalam bidang keilmuan geofisika.
10. Pimpinan dan Staff CV. Tirta Pertiwi Boyolali yang telah memberikan kepercayaan kepada saya untuk ikut andil dalam kegiatan dilapangan.
11. Kekasihku tercinta Peny Nur Salamah yang selalu setia menemani dan mendoakan disetiap perjuangan ini.

12. Sahabat - Sahabat seperjuangan di kos Sarang Penyamun, Erman, Suro, Darmawan, Ibnu, Eko, Afif, Umam, Anggit, Tino yang menemani selama perantauan.
13. Sahabat – Sahabat dan Crew Upside Music Studio Semarang yang selalu berbagi arti kebersamaan.
14. Seluruh perangkat desa Ngaglik dan Bp. Isyanto yang menerima kami dengan sangat baik saat kegiatan lapangan.



PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah berupa Skripsi. Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan karena bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu saya menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Ayah, Ibu, Kakak, dan keluarga tercinta atas do'a, dukungan, nasehat, dan kasih sayang yang telah diberikan.
3. Prof. Dr. Fathur Rahman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
4. Prof. Dr. Zaenuri, S.E., M.Si., selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang.
5. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si., selaku Kaprodi Fisika Universitas Negeri Semarang.
6. Prof. Dr. Supriyadi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I.
7. Prof. Dr. Wahyu Hardyanto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II.
8. Dr. Agus Yulianto, M.Si., selaku Dosen Wali semasa perkuliahan.
9. Teman-teman seperjuangan Jurusan Fisika angkatan 2012.
10. Berbagai pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, mudah-mudahan amal baiknya mendapat pahala dari Allah SWT.

Semoga seluruh bantuan yang telah diberikan menjadi amal baik yang akan mendapat pahala dari Allah SWT, dan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Semarang, Februari 2017

Penulis

ABSTRAK

Sukmaya, Fajar. 2017. *Identifikasi Fenomena Jebakan Air Garam melalui Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Studi Kasus Desa Ngaglik, Kecamatan Sambu Boyolali*. Skripsi, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, Dosen Pembimbing Utama Prof. Dr. Supriyadi, M.Si. dan Dosen Pembimbing Pendamping Prof. Dr.rer.nat Wahyu Hardyanto, M.Si.

Kata kunci : Geolistrik, Resistivitas, Schlumberger, Jebakan Air Garam

Alam selalu menyimpan misteri yang tak pernah kita duga sebelumnya. Karakteristik alam dapat dilihat dari suatu fenomena atau gejala alam. Fenomena inilah yang sering kali muncul untuk kita pahami. Manusia dituntut untuk memahami kejadian itu agar ada sinkronisasi diantara keduanya. Fenomena alam yang menarik terdapat di Boyolali, tepatnya di Desa Ngaglik, Kecamatan Sambu yaitu terdapatnya jebakan air asin atau garam. Bahkan, sempat dijadikan tambang pembuatan garam dapur. Namun hal tersebut tidak berjalan lagi, yang tersisa hanya sumur garam dan beberapa puing sisa tempat pengolahan. Beranjak dari hal inilah perlu adanya pemetaan sebaran dan pola jebakan air garam di daerah tersebut. Metode geofisika yang sesuai dan dapat dijadikan pedoman untuk mengidentifikasi kasus ini adalah metode geolistrik resistivitas. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi litologi batuan di area tersebut, dan mengetahui pola sebaran lapisan batuan pembawa air garam melalui variasi nilai resistivitas bawah permukaan. Metode geolistrik yang digunakan yaitu metode geolistrik resistivitas *mapping*, dimana variasi nilai resistivitas yang didapat baik secara vertikal (kedalaman) dan horizontal (lateral). Dengan menggunakan alat Georesistivity multichannel S-field 16 elektroda. Proses akuisisi data atau pengambilan data terdiri atas 5 lintasan yang mengacu pada desain survei dengan mencatat koordinat *center* bentangan kabel elektroda. Besaran yang terukur yaitu berupa beda potensial (V) dan arus (I), adapun nilai resistivitas (ρ) diperoleh melalui perhitungan lebih lanjut. Data hasil penelitian yang didapatkan yaitu berupa nilai resistivitas semu, kemudian dilakukan pemodelan dengan metode *inverse modeling* sampai dengan iterasi kelima untuk mendapatkan nilai resistivitas sebenarnya. Dari semua lintasan yang di ambil diperoleh nilai resistivitas antara $0,5 \Omega\text{m}$ s.d $>173 \Omega\text{m}$. Nilai resistivitas yang menunjukkan adanya jebakan air garam dalam penelitian ini yaitu nilai resistivitas yang rendah antara $0,5 \Omega\text{m}$ s.d $1,16 \Omega\text{m}$. Adapun citra bawah permukaan tanah ditampilkan baik dalam 2D maupun 3D dengan bantuan *software* Res2dInv, Res3dInv, Rockwork 14 dan Voxler 3. Melalui citra penampang 3D ini membantu menjelaskan distribusi jebakan air garam di lokasi kajian. Kesimpulan dari penelitian ini adalah jenis akuifer di lokasi kajian yaitu terdapat jebakan air garam yang menyebar secara dominan pada jarak lintasan 75 meter dan tersebar dengan kedalaman kurang dari 20 meter.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB	
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.4.2 Manfaaar Praktis.....	5
1.5 Batasan Istilah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Topografi dan Kondisi Geologi Daerah Boyolali	9
2.2 Jebakan Mineral Garam	14
2.2.1 Air Tanah.....	14
2.2.2 Intrusi Air Laut.....	16
2.2.3 Air Tanah Asin dan Jebakan Air Laut Purba	18
2.3 Konsep Dasar Metode Geolistrik Resistivitas.....	19
2.3.1 Hukum Ohm.....	19
2.3.2 Arus Listrik Searah.....	19

2.3.3	Aliran Listrik dalam Bumi	21
2.3.3.1	Potensial Listrik oleh Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Bumi	23
2.3.3.2	Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi dan Faktor Geometri	25
2.4	Metode Geolistrik Resistivitas	27
2.4.1	Teknis Pengambilan Data (Akuisisi Data)	31
2.4.1.1	Metode Vertical Electrical Sounding/VES	32
2.4.1.2	Metode Resistivitas Mapping	33
2.4.2	Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger	34
2.4.3	Tahanan Jenis Semu	35
2.5	Sifat Kelistrikan Batuan	36
2.6	Inversi dalam Eksplorasi Geofisika	39
2.7	Software Res2dInv	39
3.	METODE PENELITIAN	
3.1	Waktu dan Tempat	41
3.2	Peralatan	41
3.3	Prosedur Pengukuran	42
3.4	Diagram Alir Penelitian	44
3.5	Desain Survei Pengambilan Data	45
3.6	Pengolahan Data	47
4.	PEMBAHASAN	
4.1	Tinjauan Geologi Regional	48
4.2	Hasil Penelitian	50
4.2.1	Penampang Resistivitas Batuan 2D	51
4.2.2	Penampang Resistivitas Model 3D	55
4.3	Analisis Sebaran Jebakan Air Garam	56
5.	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Nilai Resistivitas Batuan.....	38
4.1 Litologi Batuan secara Umum untuk Setiap Lintasan.....	54
4.2 Kedalaman Lapisan Batuan untuk Setiap Lintasan.....	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Peta Administrasi Kabupaten Boyolali	10
2.2 Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Boyolali	11
2.3 Peta Kontur Ketinggian Daerah Boyolali	12
2.4 Peta Geologi Daerah Sambi Skala 1:100.000	13
2.5 Terjadinya Intrusi/Perembesan Air Laut.....	16
2.6 Silinder Konduktor (Halliday & Resnick, 2011)	20
2.7 Medium Homogen Isotropis dialiri Arus Listrik	21
2.8 Potensial di Sekitar Titik Arus pada Permukaan Bumi.....	24
2.9 Medan Ekuipotensial dan Aliran Arus Listrik pada Dua Elektroda Arus (a) Pada permukaan tanah	25
(b) Di bawah permukaan tanah	25
2.10 Dua Elektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial pada Permukaan Tanah Homogen Isotropik	26
2.11 Metoda Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis.....	29
2.12 Siklus Aliran Arus Listrik pada Elektroda Arus dan Elektroda Potensial.....	30
2.13 Beberapa Konfigurasi Elektroda geolistrik.....	31
2.14 Proses Akuisisi Data <i>vertical electrical sounding (VES)</i> Konfigurasi Schlumberger	32
2.15 Proses Akuisisi <i>vertical electrical sounding (VES)</i> Konfigurasi Wenner.....	33
2.16 Metode Akuisisi Data pada Geolistrik <i>Mapping</i>	33
2.17 Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger	34
2.18 (a) Medium Medium terdiri atas Dua Lapisan Tanah dengan Nilai Resistivitas ρ_1 dan ρ_2	36
(b) Asumsi Nilai Lapisan Tanah menurut Nilai Resistivitas Semu terdiri atas Satu Lapisan Homogen.....	36
3.1 Datum point pada Geolistrik Mapping.....	42
3.2 Pemasangan <i>probe</i> pada <i>Resistivitymeter S-field</i>	43

3.3	Skema Diagram Alir Penelitian	44
3.4	Disain Survei Penelitian.....	45
3.5	Denah Pengambilan Data Geolistrik.....	46
4.1	Kedudukan Formasi Batuan Lokasi Penelitian (Q_{vm}).....	48
4.2	(a) Singkapan Rock Salt di Sekitar Lokasi Penelitian	49
	(b) Singkapan Batuan Breksi di Sekitar Lokasi Penelitian	49
4.3	Endapan Alluvial berupa Lempung dan Lanau.....	49
4.4	Bentangan Arah Lintasan pada Lintasan 1.....	50
4.5	Penampang 2D Lintasan 1	51
4.6	Penampang 2D Lintasan 2	51
4.7	Penampang 2D Lintasan 3	52
4.8	Penampang 2D Lintasan 4	52
4.9	Penampang 2D Lintasan 5	52
4.10	Pemodelan 3D Daerah Kajian Geolistrik menggunakan <i>Software Rockwork 14</i>	55
4.11	(a) Model Potongan Horizontal dengan Kedalaman Berbeda pada Interval 5 meter.....	57
	(b) Model Potongan Vertikal pada Jarak antar Potongan 10 meter.....	57
4.12	Pemodelan Bawah Permukaan Menggunakan <i>Voxler 3.0</i>	58
4.13	Model Area <i>Iso-Surface</i> yang Diduga Kuat merupakan Area dari Lapisan Pembawa Air Garam skala dalam meter.	59
4.14	Model <i>Iso-Surface</i> Batuan Andesit	60
4.15	Singkapan Batuan yang Diduga Kuat berupa Rock Salt Berasosiasi dengan Bongkahan Andesit di Permukaan	61
6.1	(a) Survei Awal Boyolali, Desa Ngaglik Sambi	73
	(b) Penentuan Arah Bentangan Geolistrik	73
6.2	Lokasi Sumur Garam di sekitar Lokasi Kajian Geolistrik (Elevasi 260 mdpl)	73
6.3	Persiapan Pengambilan Data Hari ke-1 Lintasan 1	74
6.4	(a) Arah bentangan kabel geolistrik	74
	(b) Pemasangan elektoda dan setting data lokasi <i>GPS</i>	74
6.5	Proses Akuisi data Lintasan 2	75

6.6	Akuisisi data Lintasan 3	75
6.7	Proses Akuisisi data lintasan 4.....	75
6.8	Akuisisi data lintasan 5	76
6.9	Pengukuran geolistrik selesai.....	76
6.10	<i>All Crew Explorationist</i>	76



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. a. Input data Res2dInv Lintasan 1	67
b. Input data Res2dInv Lintasan 2.....	68
c. Input data Res2dInv Lintasan 3.....	69
d. Input data Res2dInv Lintasan 4.....	70
e. Input data Res2dInv Lintasan 5.....	71
2. Collate Data Res3dInv	72
3. Dokumentasi Penelitian	73
4. Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing.....	77
5. Surat Ijin Penelitian.....	78



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan potensi bahari dan mineral yang melimpah. Hampir seluruh provinsi di Indonesia berbatasan dengan laut dan samudera, salah satunya adalah provinsi Jawa Tengah. Provinsi yang memiliki 35 kabupaten/kota ini selalu memiliki keistimewaan tersendiri disetiap kabupatennya. Misalnya, Kabupaten Cilacap dengan hasil bumi berupa pasir besi yang melimpah di sepanjang garis tepi Pantai Ayah mulai dari Binangun s.d. Nusawungu (<http://www.cilacapkab.go.id/>) dan kapur sebagai bahan baku pembuatan semen di Pulau Nusakambangan.

Karakteristik alam dapat dilihat dari suatu fenomena atau gejala alam. Karakteristik inilah yang sering kali muncul untuk kita pahami. Manusia dituntut untuk memahami kejadian itu agar ada sinkronisasi diantara keduanya. Ada suatu fakta menarik bahwa di Kabupaten Boyolali, terdapat suatu fenomena jebakan air garam di tengah ladang warga sekitar yang mungkin tidak banyak masyarakat yang tahu.

Kabupaten Boyolali terletak pada posisi geografis antara 110⁰22'-110⁰50' BT dan antara 7⁰7' – 7⁰36' LS dengan topografi yang bervariasi antara 75 mdpl s.d 1500 mdpl. Kecamatan Selo merupakan daerah tertinggi di Boyolali dengan ketinggian sampai 1500 mdpl. Fenomena jebakan air asin yang dimaksud adalah

fenomena yang terdapat di Desa Ngaglik, Kecamatan Sambu dengan elevasi 75 mdpl s.d 450 mdpl (BPS Kab. Boyolali). Seperti kita ketahui bersama Kabupaten Boyolali tidak berbatasan langsung dengan laut, sehingga fenomena jebakan air asin ini merupakan fenomena alam yang sangat sesuai untuk dikaji lebih lanjut secara keilmuan geofisika.

Menurut Hariyadi (2006), kawasan Ngaglik termasuk kedalam areal laut purba yang terangkat ke permukaan, dengan bentangan antara Cepu (kawasan Bledug Kuwu) dan kearah barat daya menuju Boyolali dan Sangiran. Jebakan mineral juga mungkin terjadi ketika magma mendingin dan air yang dilepaskan tidak sebagai air murni karena mengandung mineral yang larut dalam magma seperti NaCl. Suhu yang tinggi akan meningkatkan efektifitas pembentukan endapan mineral garam. Pendugaan tersebut didukung dari hasil survei yang dilakukan ke sumur-sumur penduduk sekitar dan ternyata airnya terasa asin.

Penyebab adanya rasa asin yang terjadi pada kasus ini serupa dengan gejala intrusi, tetapi tidak sama dengan intrusi yang terjadi di daerah dekat pantai. Syahputra (2009) menyatakan bahwa penyebab intrusi air laut di kota Semarang adalah adanya penyedotan air bawah tanah yang berlebihan dan tidak terkendali. Lapisan kerak bumi banyak mengandung mineral dan bahan-bahan lain yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Berdasarkan penuturan masyarakat setempat pula, sekitar 20 tahun lalu hampir semua warga Desa Ngaglik bekerja sebagai petani garam. Namun, kuantitasnya terus mengalami penurunan setiap tahun. Jumlah petani garam di daerah itu secara terus-menerus berkurang akibat persebaran akuifer air asin yang

belum teridentifikasi dan minimnya perhatian dari pemerintah setempat. Sehingga, warga meninggalkan kegiatan menambang garam di lokasi kajian. Hal tersebut mendorong penulis untuk melakukan survei geofisika.

Selama ini, ada beberapa metode yang dapat dilakukan dalam survei geofisika, salah satunya adalah metode geolistrik. Tujuan survei geolistrik adalah untuk mengetahui variasi nilai resistivitas batuan bawah permukaan dengan memanfaatkan sifat fisis batuan berupa hambat jenis batuan.

Adanya suatu penelitian mengenai lapisan akuifer air daerah penelitian perlu dilakukan, sehingga dapat diketahui persebarannya berdasarkan pola akuifer air tanah. Survei geofisika berupa penelitian geolistrik resistivitas sangat sesuai dengan target penelitian berupa air tanah. Dengan asumsi bahwa nilai resistivitas batuan sama untuk suatu lapisan horizontal (homogen lateral), maka untuk pendugaan geolistrik dapat menggunakan beberapa metode, yakni lateral mapping dan *vertical electrical sounding (VES)*.

Metode resistivitas lateral mapping digunakan untuk mengetahui perbedaan resistivitas secara arah lateral (Hariyadi, 2006). Keuntungan metode ini adalah kemampuan untuk menampilkan citra bawah permukaan secara horizontal di area tertentu. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis bermaksud melakukan penelitian tentang *Identifikasi Fenomena Jebakan Air Garam melalui metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Studi Kasus Desa Ngaglik, Kecamatan Sambu Boyolali*.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai uraian alasan pemilihan judul, dapat dirumuskan masalah dengan menitik beratkan pada variasi nilai resistivitas (hambat jenis) batuan bawah permukaan lokasi kajian. Kemudian analisis lebih lanjut mengenai bagaimana pola lapisan batuan pembawa air (akuifer) garam di Desa Ngaglik, Kecamatan Sambi Kabupaten Boyolali.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengidentifikasi litologi lapisan tanah lokasi kajian geolistrik;
- b. Mengidentifikasi hidrogeologi daerah penelitian;
- c. Mengetahui persebaran lapisan pembawa air garam melalui variasi nilai resistivitas bawah permukaan di Desa Ngaglik, Kecamatan Sambi, Kabupaten Boyolali, Provinsi Jawa Tengah.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1.4.1 Manfaat Teoritis.

Penelitian ini dapat dipergunakan untuk menambah khasanah pengembangan pustaka ilmu pengetahuan secara umum dan secara khusus pada bidang keilmuan geofisika serta dapat digunakan sebagai referensi bagi yang akan melakukan penelitian sejenis. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat

memberikan kontribusi terhadap kajian-kajian dan teori-teori yang berkaitan dengan metode geolistrik dan bidang keilmuan geofisika pada umumnya.

1.4.2 Manfaat Praktis.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis sebagai berikut.

- a. Bagi Peneliti, dengan melakukan penelitian ini maka peneliti telah ilmu yang didapat semasa perkuliahan, dalam hal ini untuk mengidentifikasi fenomena jebakan air garam di desa Ngaglik Kecamatan Sambu Kabupaten Boyolali menggunakan geolistrik.
- b. Bagi Pendidikan, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya dan memberikan informasi mengenai gambaran fenomena jebakan air garam untuk bidang keilmuan geofisika.
- c. Bagi Masyarakat, penelitian ini nantinya akan memberikan gambaran jebakan air garam guna menambah wawasan bagi masyarakat untuk lebih mengenal potensi yang terdapat di kawasan masyarakat sekitar.

1.5 Batasan Istilah

Dalam skripsi ini ada terdapat beberapa batasan istilah untuk memperjelas maksud dari kata yang hendak disampaikan yaitu;

a. Identifikasi

Identifikasi yang dimaksud disini adalah proses penerjemahan kejadian yang terjadi di alam secara alamiah kemudian disajikan dalam bentuk data-data dan beberapa penjelasan yang spesifik.

b. Fenomena

Fenomena yang dimaksud dalam penelitian ini adalah suatu bentuk kejadian atau keadaan alam sekitar pada kondisi tertentu.

c. Jebakan Air Garam

Jebakan air garam diartikan sebagai kejadian yang terjadi di alam dengan melewati beberapa proses dalam jangka waktu yang lama sedemikian rupa sehingga air tanah dalam area tertentu memiliki rasa asin yang pada umumnya memiliki kandungan unsur garam.

d. Geolistrik Resistivitas

Geolistrik resistivitas yaitu salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah menggunakan konsep kelistrikan pada saat arus listrik melewati batuan dibawah permukaan tanah. Karena pada dasarnya setiap jenis batuan memiliki nilai hambatan jenis yang berbeda-beda, maka dari asumsi itulah konsep geolistrik resistivitas dapat dijadikan acuan untuk menentukan litologi/susunan batuan dibawah permukaan tanah (mengacu pada geologi regional).

e. Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger yakni suatu susunan elektroda arus dan elektroda potensial yang ditempatkan dipermukaan tanah yang berhubungan langsung dengan kedalaman lapisan batuan yang diperoleh dari survei geolistrik.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi adalah ini sebagai berikut:

1. Bagian Awal Skripsi

Bagian ini berisi halaman judul, persetujuan pembimbing, halaman pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan daftar lampiran.

2. Bagian Isi Skripsi

Bagian ini terdiri atas lima bab yang meliputi:

a. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini memuat alasan pemilihan judul yang melatarbelakangi masalah, perumusan masalah, dan sistematika penulisan skripsi

b. Bab 2 Landasan Teori

Bagian ini berisi landasan teori yang mendasari penelitian.

c. Bab 3 Metode Penelitian

Bagian ini berisi uraian tentang waktu dan tempat pelaksanaan penelitian, alat penelitian, diagram alir penelitian, prosedur penelitian, metode analisis dan interpretasi data.

d. Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi uraian tentang hasil penelitian dan pembahasan.

e. Bab 5 Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran.

3. Bagian Akhir Skripsi

Bagian ini berisi daftar pustaka dan lampiran-lampiran.



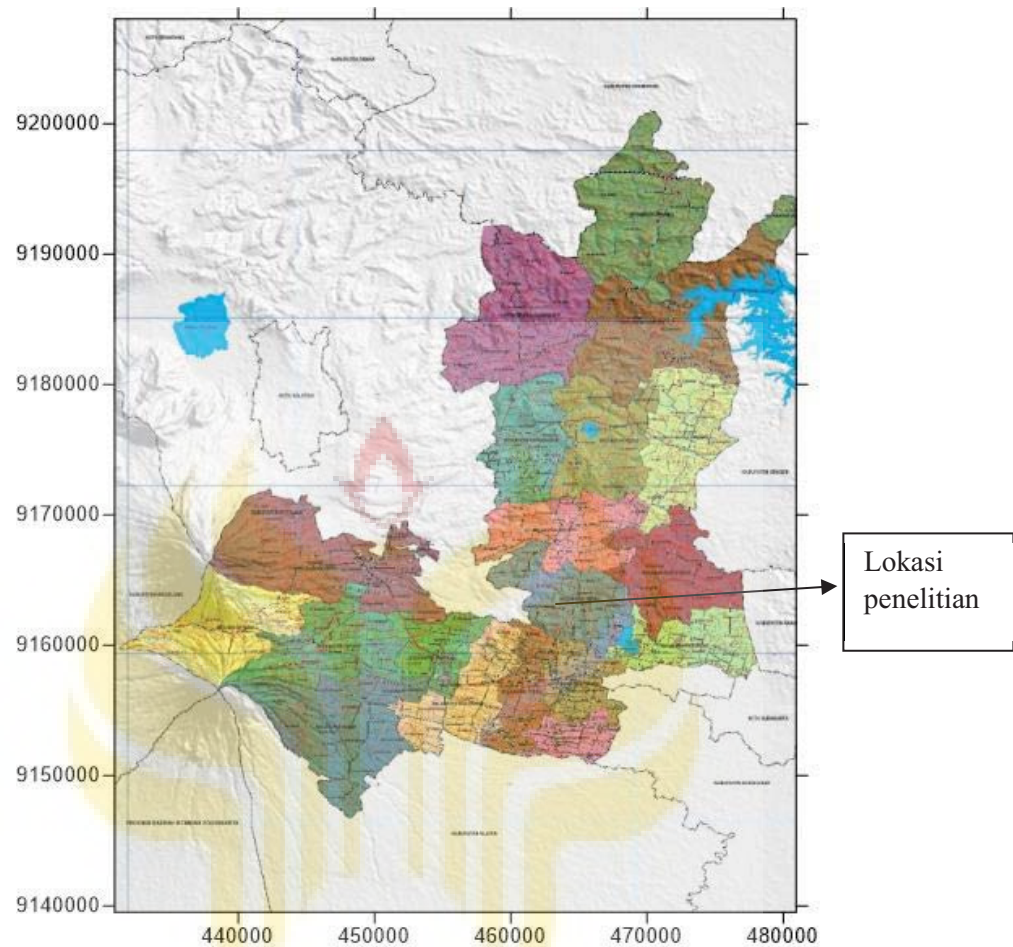
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Topografi dan Kondisi Geologi Daerah Boyolali

Kabupaten Boyolali terletak pada posisi geografis antara 430938 mE s.d 480938 mE dan 9147500 mN s.d. 9200000 mN (Gambar 2.1). Posisi geografis wilayah Kabupaten Boyolali merupakan kekuatan yang dapat dijadikan sebagai modal pembangunan daerah karena berada pada segitiga wilayah Yogyakarta-Solo-Semarang (Joglosemar) yang merupakan tiga kota utama di wilayah Jawa Tengah-Daerah Istimewa Yogyakarta. Gambar 2.1 menunjukkan lokasi penelitian dalam peta administrasi Kabupaten Boyolali.

Struktur tanah yang terdapat di lapisan luar bumi, terdiri atas kumpulan aktivitas geologi, kimia, dan fisik yang selalu berlangsung setiap saat dan konstan serta berubah dan berkembang sesuai perubahan yang ada baik pada iklim, bentang alam dan vegetasi. Kabupaten Boyolali memiliki beberapa formasi batuan (Sukardi dan Budhitrisna, 1992) diantaranya formasi Kerek (TMK), formasi Kalibeng, formasi Notopuro, formasi Kabuh, Batuan Vulkanik Kwartir (Gunung Merbabu dan Gunung Merapi) dan endapan alluvial (Gambar 2.4).

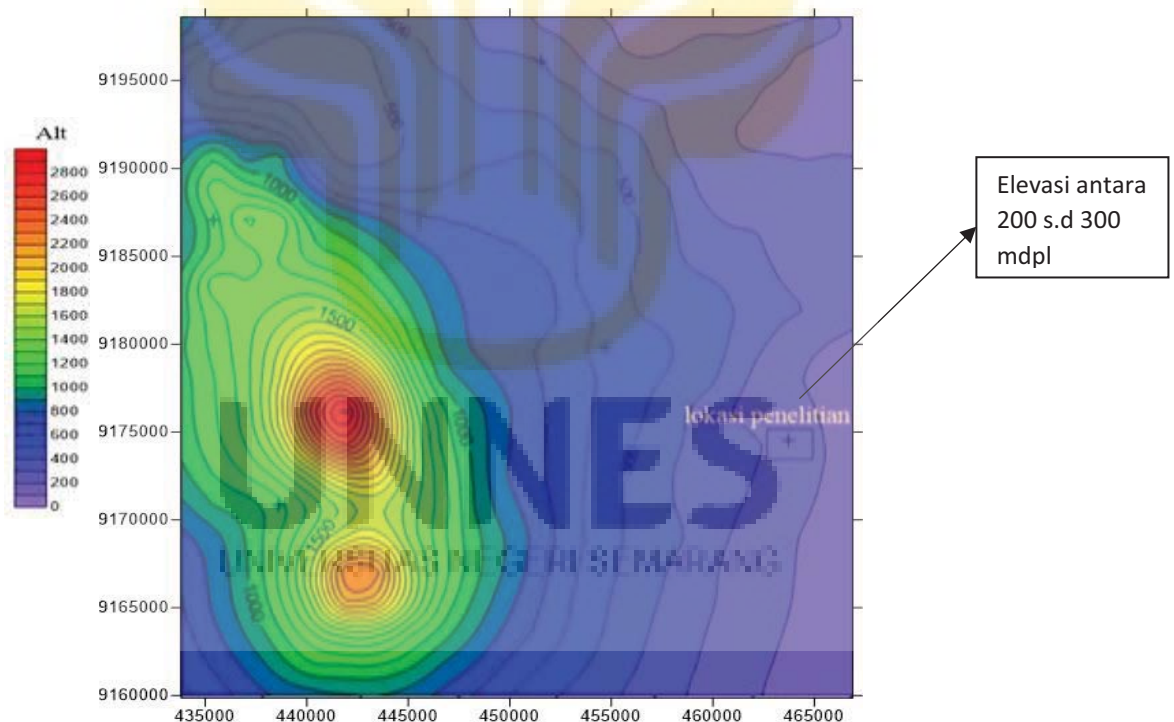


Gambar 2.1 Peta Admistrasi Kabupaten Boyolali (sumber : BPS Boyolali). Lokasi Peneltian ditunjukkan dengan anak panah, yaitu desa Ngaglik, Kecamatan Sambu

Secara umum Kabupaten Boyolali adalah dataran bergelombang dengan perbukitan yang tidak begitu terjal. Boyolali bagian barat yaitu kecamatan Cepogo, Selo, dan Winong merupakan kaki lereng Gunung Merapi dan Ampel merupakan kaki lereng Gunung Merbabu (Gambar 2.2). Kemudian secara berangsur semakin bertopografi rendah kearah timur dan timur laut kearah kecamatan Sambu dan Simo.

Boyolali; Antara 400 – 700 m dpl yaitu Kecamatan Boyolali, Musuk, Mojosongo, Cepogo, Ampel, dan Karanggede; Antara 1.300 - 1.500m dpl yaitu Kecamatan Selo (BPS Kab. Boyolali II : 1, 2009).

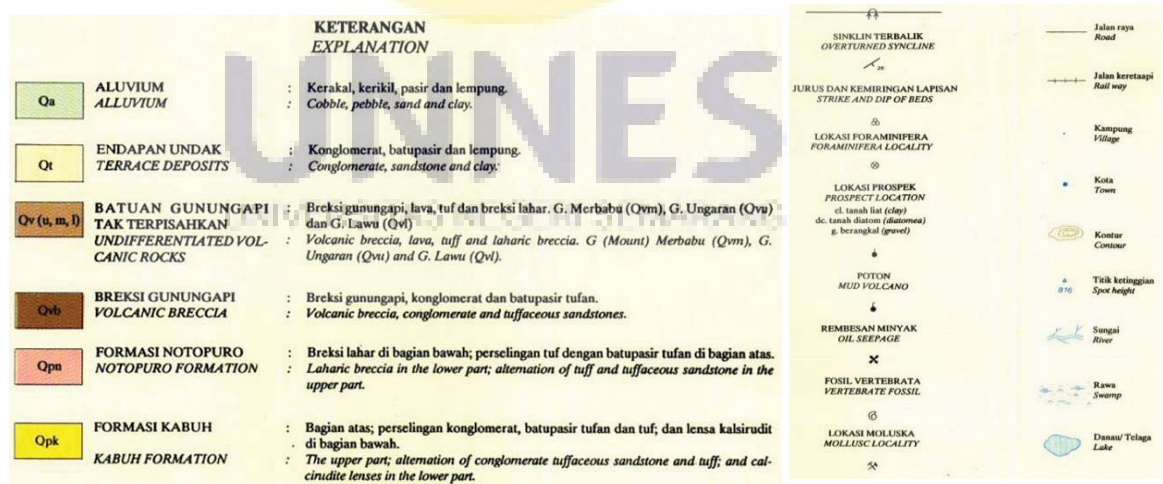
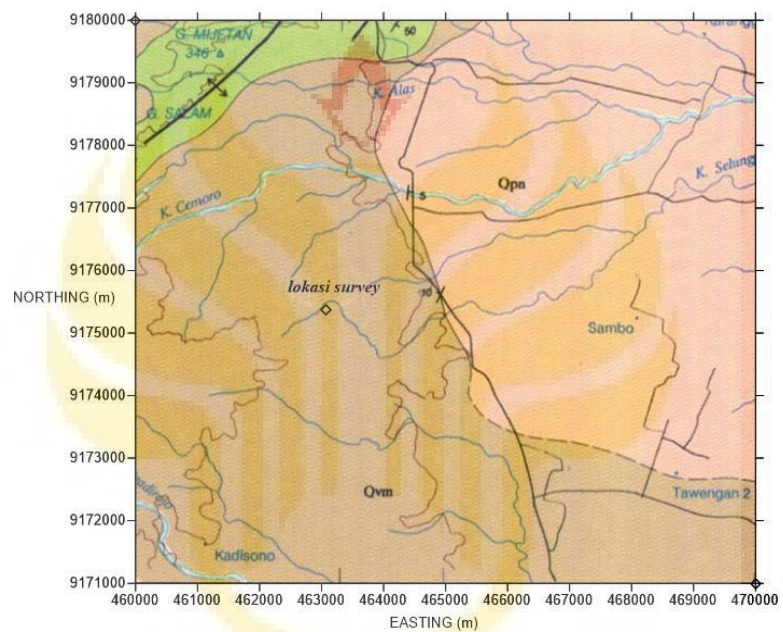
Peta kontur ketinggian lokasi sekitar Boyolali ditunjukkan pada gambar 2.3 dan dibuat dengan *software surfer 10.0* serta data koordinat dan ketinggian didapatkan dari laman <https://topex.ucsd.edu>. Peta tersebut menggambarkan kontur ketinggian dari lereng Gunung Merapi dan Merbabu dengan ketinggian antara 2400 meter s.d. 2800 meter di atas permukaan laut. Lokasi penelitian ini, terletak pada ketinggian 200 s.d. 300 meter di atas permukaan laut.



Gambar 2.3 Peta Kontur Ketinggian Daerah Boyolali.
(sumber: <https://topex.ucsd.edu>)

Menurut peta geologi regional lembar Salatiga, lokasi penelitian yaitu desa Ngagklik, kecamatan Sambi terdiri atas *batuan gunung api tak terpisahkan (Qvm)*

seperti pada gambar 2.4, dan geologi sekitar berupa Formasi Notopuro (*Qpn*, umur pleistosen) terdiri atas perselingan tuff dengan batu pasir tuffan, dan batuan breksi lahar yang bersifat porus dan mudah meloloskan air. Batuan gunung api tak terpisahkan (*Qvm*) yaitu terdiri atas susunan breksi gunung berapi, lava, tuff dan breksi lahar Gunung Merbabu (*Qvm*).



Gambar 2.4 Peta Geologi Daerah Sambi Skala 1:100.000 (Sukardi dan Budhitrisna, 1992)

Batuan Vulkanik Kwartir terdiri atas Batuan Gunung Api Merbabu dan Batuan Gunung Api Merapi. Kawasan lokasi kajian termasuk dalam formasi batuan Gunung Api Merbabu berupa breksi gunung api, lava, tuff, dan breksi lahar serta andesit. Sifat fisik batuan tersebut adalah bersifat porus (breksi, breksi lahar) dan ada yang bersifat kedap (lava, andesit).

Batuan tuff merupakan jenis batuan yang terbentuk dari hasil erupsi gunung api. Tuff terbentuk dari kombinasi debu, batuan dan fragmen mineral yang dilemparkan ke udara dan kemudian jatuh ke permukaan bumi sebagai suatu endapan campuran (Luthfinur, 2015:66). Batuan ini biasanya berwarna putih ke abu-abuan dan ada yang berwarna gelap. Perselingan batu pasir dengan tuff berada diatas lapisan batuan breksi lahar hasil erupsi gunung api merupakan lapisan dasar penyusun utama batuan gunung api tak terpisahkan (*Qvm*) yang dimaksud diatas.

Endapan alluvial yang terdiri atas lempung, lanau dan pasir juga termasuk dalam klasifikasi geologi daerah sekitar penelitian. Jenis batuan tersebut sangat berperan sebagai penentuan pola lapisan akuifer, mengingat bahwa batuan tersebut merupakan material pembawa air yang sangat baik atau bisa disebut sebagai jalur pola aliran air bawah tanah.

2.2 Jebakan Mineral Garam

2.2.1 Air Tanah

Air tanah sangat erat kaitannya dengan lapisan akuifer. Lapisan akuifer adalah lapisan batuan pembawa air. Air tanah merupakan air yang terdapat pada

semua rongga di dalam satu lapisan geologi, baik pada zona jenuh air, zona tak jenuh, maupun zona diantaranya (Todd, 1980). Air tanah merupakan salah satu sumber air tawar yang dapat dimanfaatkan manusia (Purnama & Marfai, 2012). Akuifer atau lapisan pembawa air, secara geologi merupakan suatu lapisan batuan yang banyak mengandung air, dimana batuan pada lapisan tersebut mempunyai sifat-sifat yang khas dengan permeabilitas dan porositas air yang cukup baik. Biasanya lapisan pasir (Sandstone) atau lapisanlainnya yang mengandung pasir (Bowen, 1986). Keberadaannya di bumi merupakan jumlah air tawar yang paling banyak di bandingkan dengan sumber air tawar yang lain kecuali air tawar yang berbentuk es di kutub (Todd, 1980 dan Zohdy *et al.*, 1980) . Hal ini yang menyebabkan airtanah memiliki peranan yang besar bagi pemenuhan kebutuhan air manusia di bumi.

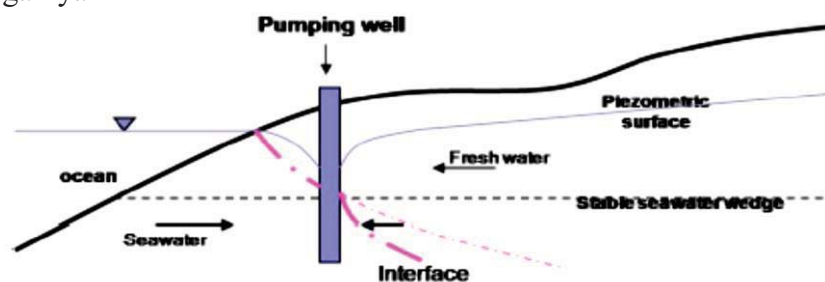
Air tanah adalah salah satu bentuk air yang berada di sekitar bumi kita dan terdapat di dalam tanah (Sutandi, 2012). Air tanah ini merupakan salah satu sumber air, ada saatnya air tanah ini bersih tetapi terkadang keruh sampai kotor, tetapi pada umumnya terlihat jernih. Air tanah sangat banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan air manusia karena beberapa alasan, yakni memiliki kualitas yang relatif baik serta relatif lebih sulit untuk mengalami pencemaran dibandingkan dengan air permukaan. Namun demikian, airtanah di suatu wilayah memiliki batas aman tertentu untuk dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan yang berlebihan (melebihi hasil aman suatu akuifer) dapat menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya air tanah (Purnama *et al.*, 2013).

Dalam kajian ilmu hidrogeologi, lapisan akuifer air tanah dipengaruhi oleh lapisan batuan penyusunnya. Jenis batuan tersebut umumnya berupa pasir, batu pasir, lempung, kerikil dan lanau. Aspek pendugaan lapisan akuifer ini berdasarkan sifat air yang dapat melewati celah antar butiran batu pasir dan kerikil sehingga dapat diindikasikan bahwa material pembawa air yang baik yaitu jenis batuan pasir, lempung, kerikil dan lanau seperti yang disebutkan diatas.

Adapun jenis batuan lempung (*clay*) merupakan pembatas lapisan akuifer karena bersifat kedap air, mengingat bahwa jarak antar celah butiran lempung (*clay*) yang sangat kecil. Namun, seringkali pembatas lapisan akuifer dapat berupa lapisan batuan yang memiliki porositas rendah seperti andesit, granit, basalt, dan batuan lainnya yang bersifat padat dan kompak.

2.2.2 Intrusi Air Laut

Fenomena intrusi air laut adalah suatu kondisi ketidakstabilan air tanah yang diindikasikan terjadinya penyusupan air laut kedalam akuifer air tanah (pada gambar 2.5) yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Kadoaite (1996), faktor tersebut diantaranya pertambahan penduduk yang terus meningkat sehingga menyebabkan pengambilan air tanah melebihi daya produksi suatu akuifer atau menyebabkan perbedaan tekanan hidrostatik air tawar dan air laut, banjir rob, dan lain sebagainya



Gambar 2.5 Terjadinya Intrusi/perembesan Air Laut (Sutandi, 2012)

Di daerah pesisir, penurunan permukaan air tanah akan mengakibatkan perembesan air laut ke daratan (intrusi), karena tekanan air tanah menjadi lebih kecil dibandingkan tekanan air laut (Sutandi, 2012). Menurut Soedjono (2002), menyatakan bahwa air payau terjadi karena intrusi air asin ke air tawar, hal ini karena adanya degradasi lingkungan. Pencemaran air tawar juga dapat terjadi karena fenomena air pasang naik. Saat air laut meluap, masuk ke median sungai. Kemudian terjadi pendangkalan di sekitar sungai sehingga air asin ini masuk ke dalam air tanah dangkal dan menjadi payau.

Gejala intrusi air laut ini sering ditemukan di daerah pesisir pantai, sebagai contoh gejala intrusi air laut di kota Semarang, Kelurahan Karangayu. Fenomena tersebut diidentifikasi berdasarkan litologi batuan disekitar lokasi penelitian yang menunjukkan adanya intrusi air laut pada lapisan air tanah permukaan dalam akuifer tanah endapan lumpur (*alluvial*) yang terdiri atas campuran pasir (*sand*), batu pasiran dan lempung (*clay*) \pm 30 meter dari permukaan tanah (Sukmaya *et al.*, 2015).

Dampak negatif dari adanya intrusi/perembesan air laut ini diantaranya menurunnya kualitas air tanah yang ada disekitar pesisir, amblesnya tanah karena pengeksploitasian air secara berlebihan, dan bagi tumbuhan (kecuali tumbuhan rawa/mangrove) yaitu menyebabkan daun menjadi layu dan perubahan metabolisme akar .

2.2.3 Air Tanah Asin dan Jebakan Air Laut Purba/*Connate Water*

Air tanah asin merupakan suatu keadaan dimana air yang terdapat di dalam tanah secara struktur mengandung mineral berupa NaCl (Natrium Klorida) yang tinggi karena faktor tertentu. Faktor tersebut diantaranya karena pengaruh sedimentasi mineral yang terperangkap pada suatu lapisan batuan dan terakumulasi dalam kurun waktu yang lama (Davis *et al.*, 1966). Menurut Hariyadi (2006), jebakan mineral juga mungkin terjadi ketika magma mendingin dan air dilepaskan, namun tidak sebagai air murni karena mengandung mineral yang larut dalam magma seperti NaCl. Suhu yang tinggi akan meningkatkan efektifitas pembentukan endapan mineral garam.

Fenomena jebakan air laut di Jawa Tengah ditemukan di desa Jono, Kecamatan Tawangharjo, Grobogan. Kejadian unik tersebut seperti di beritakan oleh <http://www.kompasiana.com/abdullahhaq> terjadi karena dahulunya lembah Jono adalah perairan laut, terletak diantara pegunungan Kendeng dan pegunungan Rembang. Karena adanya proses sedimentasi dari pegunungan Kendeng dan pegunungan Rembang maka lama kelamaan menjadi dangkal dan berbentuk rawa. Masih dalam berita yang sama, disebutkan pula bahwa kadar iodium yang terkandung di jebakan air laut purba di desa Jono lebih tinggi dibandingkan garam yang dihasilkan di pantai.

Menurut Soemarto sebagaimana dikutip oleh Syahputra (2009), ada bermacam-macam cara air asin dapat bercampur dengan air permukaan di daerah delta dan pantai, salah satunya adalah *connate water* yaitu air yang terjebak dalam

rongga-rongga batuan sedimen. Peristiwa jebakan air laut juga terjadi dikawasan Bledug Kuwu, disekitar area semburan lumpur panas. Menurut Atmiati (2011) peristiwa intrusi air garam di Bledug Kuwu terletak pada akuifer dangkal. Kemungkinan lapisan tanah di area ini berupa pasir sehingga pori-porinya banyak diisi oleh air garam. Intrusi air garam di sisi Barat maupun Selatan tidak sebesar di Tengah Bledug Kuwu (dekat pusat letupan).

2.3 Konsep Dasar Metode Geolistrik Resistivitas

2.3.1. Hukum Ohm

Hukum Ohm adalah menyatakan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya.

Secara matematis hukum Ohm (Halliday & Resnick, 2011) diekspresikan dengan persamaan:

$$V = IR \quad (2.1)$$

dengan, V = tegangan listrik yang terdapat pada kedua ujung penghantar (*volt*)

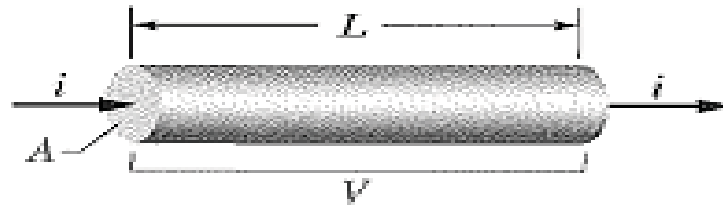
I = arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar (*ampere*)

R = nilai hambatan listrik/resistansi (Ω)

2.3.2. Arus Listrik Searah

Konsep mengenai arus listrik searah pada silinder konduktor tertera gambar 2.6, menggambarkan konsep arus listrik (I) yang melewati suatu medium dengan

luas penampang A , Panjang medium L dan memiliki beda potensial antara kedua ujungnya.



Gambar 2.6 Silinder Konduktor (Halliday & Resnick, 2011)

Sehingga secara matematis dapat dituliskan seperti persamaan (2.2) sebagai berikut.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

$$I \approx \frac{A}{L} \Delta V \quad (2.3)$$

$$I = \sigma \frac{A}{L} \Delta V \quad (2.4)$$

dengan, $\sigma = \frac{1}{\rho} = \text{tetap}$ (2.5)

Persamaan (2.5) menunjukkan bahwa besarnya konduktifitas bahan berbanding terbalik dengan resistivitasnya. Selanjutnya, persamaan (2.1) dan (2.2) tersebut dapat digabungkan secara matematis,

$$I = \frac{A \Delta V}{\rho L} \quad (2.6)$$

$$\rho = \frac{A \Delta V}{IL} \quad (2.7)$$

dengan, ΔV = Beda potensial antara kedua ujung kawat (*volt*)

ρ = Tahanan jenis bahan (Ωm)

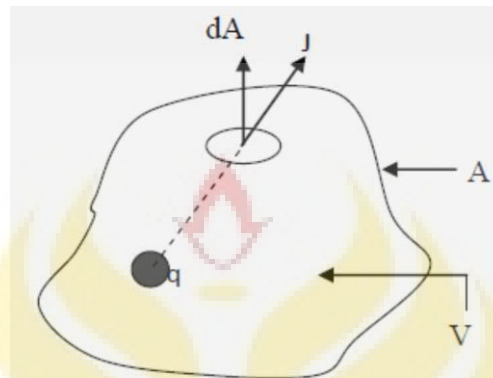
σ = Konduktivitas (*siemens/meter*)

A = Luas penampang bahan (m^2)

R = Nilai hambatan/restansi (*ohm*)

2.3.3. Aliran Arus Listrik dalam Bumi

Tinjauan suatu medium homogen isotropik (gambar 2.7) yaitu medium yang dialiri arus listrik searah I (diberi medan listrik E).



Gambar 2.7. Medium Homogen Isotropis dialiri Arus Listrik

Dimana dA adalah elemen luasan permukaan dan J adalah rapat arus listrik dalam ampere/meter², maka besarnya elemen arus listrik dI yang melalui elemen permukaan tersebut adalah:

$$dI = \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (2.8)$$

Sesuai dengan hukum Ohm, rapat arus \vec{J} dan medan listrik \vec{E} yang ditimbulkannya yaitu:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (2.9)$$

medan listrik merupakan gradien potensial (V)

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V \quad (2.10)$$

maka:

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

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,

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

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:

$$\int_0^\infty (\vec{\nabla} \cdot \vec{J}) dV_{vol} = 0 \quad (2.13)$$

Sehingga diperoleh hukum Kekekalan Muatan:

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

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

Karena konduktivitas listrik medium (σ) bernilai konstan sehingga diperoleh bentuk persamaan *Laplace* untuk potensial yaitu:

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

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:

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

Dari persamaan Laplace di atas diperoleh persamaan umum sebagai berikut.

$$V(r) = -\frac{C_1}{r} + C_2 \quad (2.19)$$

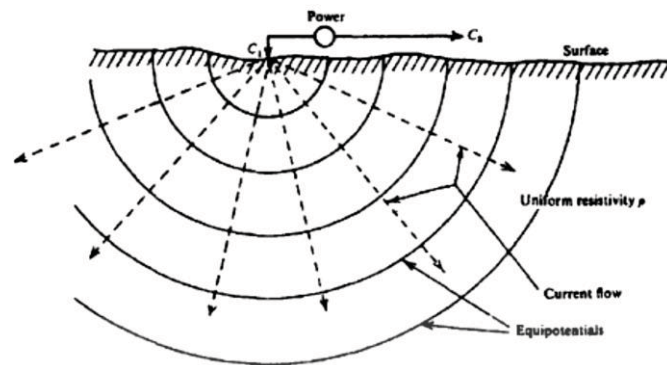
dengan C_1 dan C_2 adalah konstanta.

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 (2.26) dapat ditulis sebagai berikut.

$$V = -\frac{C_1}{r} \quad (2.20)$$

2.3.3.1. *Potensial Listrik oleh Elektroda Arus Tunggal di Permukaan Bumi*

Garis-garis ekuipotensial membentuk luas penampang berbentuk setengah bola dalam bumi terjadi karena adanya arus listrik I yang timbul dipermukaan. Medan ekuipotensial yang disebabkan elektroda arus tunggal terlihat pada gambar 2.8. Hal ini terjadi karena konduktifitas listrik di udara bernilai nol, sehingga persamaan yang digunakan hanya untuk arus listrik yang melewati medium batuan.



Gambar 2.8 Potensial di sekitar Titik Arus pada Permukaan Bumi
(Telford *et al.*, 1990:524)

Arus listrik dalam elektroda arus mengalir kesegala arah, sehingga membentuk bidang setengah bola seperti dijelaskan diatas, dengan luas setengah bola $2\pi r^2$. Arus total yang melintasi bidang berbentuk setengah bola tersebut diberikan dengan persamaan sebagai berikut,

$$\vec{j} = \frac{I}{A} \quad (2.21)$$

$$I = A\vec{j} \quad (2.22)$$

$$I = -2\pi r^2 \vec{j} = -2\pi r^2 \sigma \frac{dV}{dr} \quad (2.23)$$

$$I = -2\pi \sigma C_1 \quad (2.24)$$

$$I = -\frac{2\pi}{\rho} C_1 \quad (2.25)$$

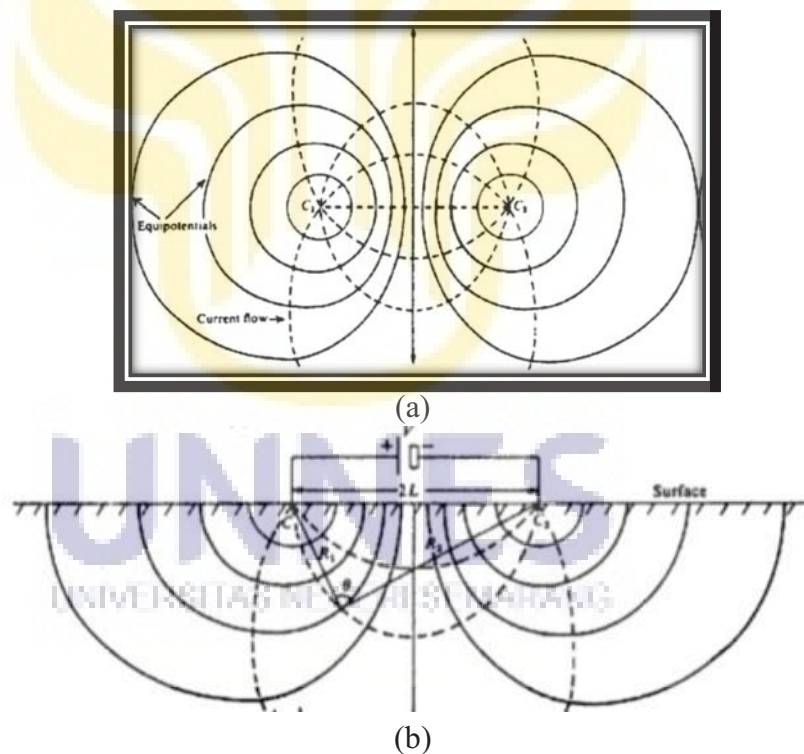
Sehingga didapat, $C_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}$ (2.26)

Maka potensial yang timbul akibat elektroda arus (Telford *et al.*, 1990) memenuhi persamaan,

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r}\right) \quad (2.27)$$

2.3.3.2 Dua Elektroda Arus di Permukaan Bumi dan Faktor Geometri

Kita anggap bahwa arah aliran listrik yang melewati dua elektroda seperti gambar 2.9. Akibat adanya aliran arus listrik ini kemudian akan timbul beda potensial (Ebraheem *et al.*, 1996). Gambar 2.9 (a) dan (b) menunjukkan medan ekipotensial dan arah arus listrik pada dua elektroda arus. Ketika jarak kedua elektroda arus (A&B) tertentu, potensial di setiap titik permukaan terdekat akan terpengaruh oleh kedua elektroda arus. (Telford,1990).



Gambar 2.9 Medan Ekuipotensial dan Aliran Arus Listrik pada Dua Elektroda Arus
 (a) Pada permukaan tanah
 (b) Di bawah permukaan tanah (Telford *et al.*,1990:525)

Respon tegangan kemudian dibaca dengan menempatkan dua elektroda potensial yang terhubung ke multimeter pada geolistrik *tool* pada

dalam 2.10. Secara matematis tegangan yang ada pada elektroda potensial satu (P1) akibat C1 yang selanjutnya kita sebut elektroda M dirumuskan sebagai berikut.

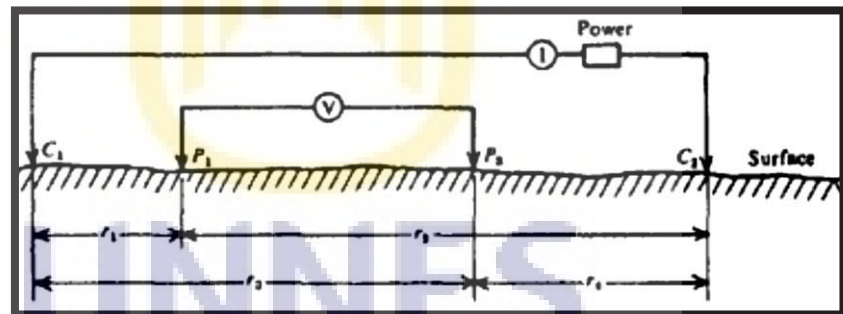
$$V_1 = -\frac{C_1}{r_1}, \text{ dengan } C_1 = -\frac{I\rho}{2\pi}; \quad (3.28)$$

Sedangkan akibat C2 pada P1 dirumuskan dengan,

$$V_2 = -\frac{C_2}{r_2}, \text{ dengan } C_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -C_1 \quad (3.29)$$

Dengan menjumlahkan V_1 dan V_2 didapatkan tegangan pada elektroda potensial 1 (P1) yang selanjutnya disebut elektroda A sebagai berikut.

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (3.30)$$



Gambar 2.10. Dua Alektroda Arus dan Dua Elektroda Potensial pada Permukaan Tanah Homogen Isotropik. (Telford *et al.*,1990:525)

Elektroda potensial kedua (P2) dapat ditambahkan sehingga dapat diukur beda potensial diantara keduanya. Potensial pada P2 kemudian disimbolkan dengan V_n ,

dan besarnya beda potensial antara kedua elektoda diberikan oleh persamaan berikut.

$$\Delta V = Vm - Vn$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.31)$$

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.32)$$

$$\therefore \rho = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.33)$$

$$\therefore \rho = K \frac{\Delta V}{I}, \quad K = \text{faktor geometri elektroda} \quad (2.34)$$

Persamaan (2.38) menunjukkan beda tegangan antara kedua elektroda potensial yang terukur dan persamaan (2.39) menunjukkan besarnya nilai resistivitas bahan atau batuan yang besarnya bergantung pada beda tegangan (ΔV), kuat arus I dan faktor geometri elektroda (K). Menurut Hendrajaya (1990), faktor geometri merupakan besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap kedua elektroda arus.

2.4 Metode Geolistrik Resistivitas

Menurut Dorbin *et al.*, (1998), geofisika secara luas bergerak dalam pekerjaan eksplorasi berupa seismik, grafitasi, geomagnet, geolistrik, georadar, dan *well logging*. Tujuan utama dari kegiatan eksplorasi geofisika adalah untuk membuat model bawah permukaan bumi atau bisa juga diatas permukaan bumi dari ketinggian tertentu. Pada pengukuran lapangan, data geofisika yang terukur antara lain dapat berupa densitas, kecepatan gelombang seismic, modulus bulk, hambatan

jenis batuan, suseptibilitas magnet dan lain sebagainya yang termasuk besaran fisis sebagai karakteristik bawah permukaan bumi (Supriyanto, 2007).

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik didalam bumi dan bagaimana mendeteksinya dipermukaan bumi. Metode ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan listrik tertentu kedalam tanah. Arus listrik yang diinjeksikan kedalam perut bumi akan memberikan respon tegangan (*voltage*) yang berbeda-beda karena perbedaan nilai tahanan jenis batuan yang dilalui. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi arus kedalam bumi.

Metode geolistrik dibagi menjadi beberapa bagian berdasarkan parameter yang diukur, antara lain *self-potensial (SP)*, metode *magneto-telluric (MT)*, metode *induced polarization (IP)*, metode *control source audio magneto-telluric (CSAMT)*, dan metode *resistivity* (tahanan jenis).

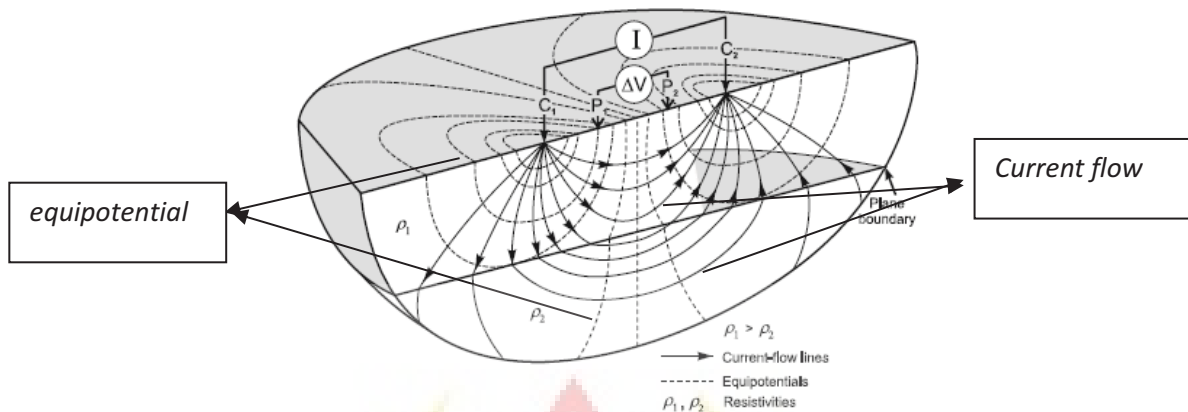
Injeksi arus listrik ini menggunakan dua buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak AB akan menyebabkan aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Sedangkan dua elektroda potensial yang berada di dalam konfigurasi digunakan untuk mengukur beda potensialnya (Broto & Afifah, 2008:120). Metode resistivitas umumnya digunakan untuk eksplorasi dangkal, sekitar 300 – 500 m.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan dengan memanfaatkan metode geolistrik resistivitas ini, misalnya oleh Hutomo (2016) yang melakukan investigasi arah Goa bawah tanah di Sukolilo, Kabupaten Pati. Kemudian, Supriyadi *et al.*, (2013) yaitu untuk mencari sebaran limbah di TPA Jatibarang, Semarang. Hasilnya menunjukkan bahwa pola sebaran limbah meresap ke dalam tanah dan sebarannya menuju ke sungai Kreo pada kedalaman antara 19,1 meter s.d. 37 meter.

Metoda pengukuran geolistrik secara umum ditunjukkan pada gambar 2.11. Pembacaan tegangan (*voltage*) di permukaan bumi yaitu dengan multimeter yang terhubung pada elektroda potensial M dan N, selanjutnya dengan perbedaan nilai tegangan tersebut dapat diketahui hambatan jenis dari bahan yang dilalui arus listrik berupa lapisan batuan. Skema aliran arus listrik dibawah permukaan bumi dalam bentuk medium setengah bola ditunjukkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.11 Metoda Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis (*resistivity*) (Knodel *et al.*, 2007)



Gambar 2.12 Siklus Aliran Arus Listrik pada Elektroda Arus dan Elektroda Potensial (Knodel *et al.*, 2007)

Dalam gambar 2.12 menunjukkan suatu skema aliran arus listrik (*current flow*) dibawah permukaan dengan 2 elektroda arus (A dan B) dan 2 elektroda potensial (M dan N). Semakin jauh jarak A dan B maka aliran arus listrik akan semakin dalam jangkauannya kedalam tanah seperti gambar 2.12 diatas. Setengah jarak A menuju B kemudian disebut $AB/2$. Garis ekipotensial didefinisikan sebagai garis yang menghubungkan semua titik-titik yang berbeda pada potensial yang sama, karena energi potensial tidak berubah saat muatan uji bergerak pada permukaan ekipotensial (Giancolli, 2001).

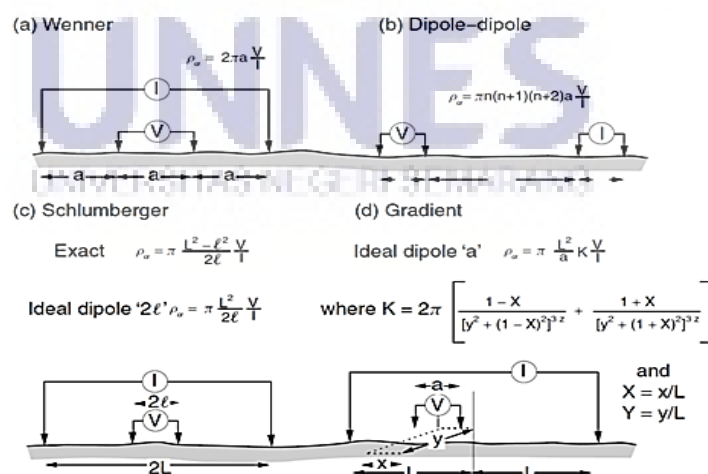
Metode geolistrik resistivitas ini sangat sesuai digunakan untuk pencarian air tanah karena air yang ada di dalam perut bumi akan sangat sensitif terhadap arus listrik. Metode ini juga dapat digunakan untuk menentukan pencemaran air tanah (limbah) atau hal lain yang termasuk dalam polutan air tanah (Ebraheem, 1996). Bumi dianalogikan sebagai resistor dan air adalah larutan elektrolit yang dengan mudah mengalirkan listrik, maka besar atau kecilnya nilai resistivitas batuan

dipengaruhi oleh unsur air yang terdapat ada rongga batuan dan air yang melewati batuan. Dalam pendugaan tahanan jenis digunakan asumsi-asumsi sebagai berikut.

- Di bawah permukaan tanah terdiri dari lapisan-lapisan dengan ketebalan tertentu dengan bidang batas antar lapisan adalah horizontal.
- Setiap lapisan dianggap homogen isotropis (nilai tahanan jenisnya sama dan isotropis adalah tahanan jenisnya akan menyebar ke segala arah dengan harga yang sama).

2.4.1 Teknis Pengambilan Data (Akuisisi Data)

Teknis pengambilan data pada metode resistivitas ini kemudian akan dikenal beberapa konfigurasi elektroda atau susunan letak elektroda arus maupun potensial (Gambar 2.13). Perbedaan konfigurasi ini bertujuan untuk mendapatkan target yang berbeda. Dalam hal ini, target yang dimaksud adalah berupa objek sasaran dilakukannya survei geolistrik, misalnya jebakan air laut, persebaran batuan andesit, akuifer air, mineral logam atau non logam.



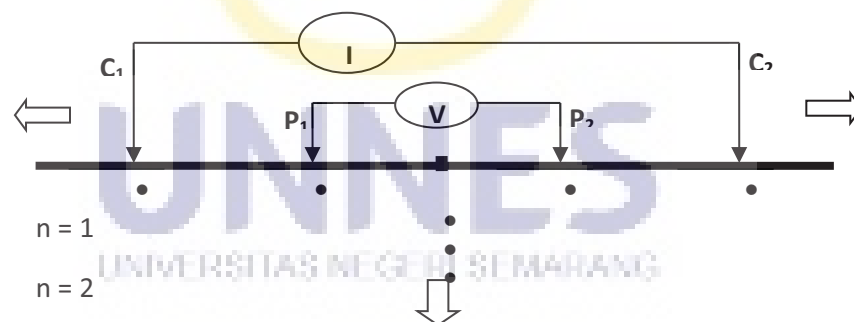
Gambar 2.13 Beberapa Konfigurasi Elektroda Geolistrik (Milsom & Eriksen, 2003)

Menurut Waspo do seperti yang dikutip oleh Nurhidayah (2013), menyebutkan bahwa teknik pengambilan data (akuisisi) menurut tujuannya dalam geolistrik secara umum terdiri atas dua metode yaitu VES dan *Mapping*.

2.4.1.1 Metode Vertival Electrical Sounding/VES

Vertical Electical Sounding digunakan untuk mengetahui distribusi harga resistivitas pada suatu titik target sounding di bawah permukaan. Cara ini dinamakan vertical sounding 1D karena resolusi yang dihasilkan hanya bersifat vertikal. Konfigurasi yang digunakan dalam pengukuran sounding ini dapat menggunakan konfigurasi Schlumberger dan konfigurasi Wenner.

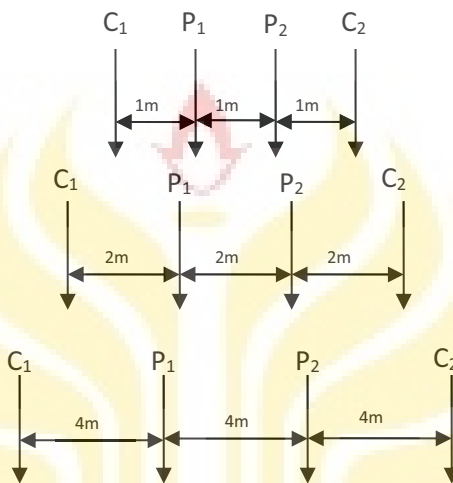
Pada gambar 2.14 menunjukkan akuisisi data dengan metode *vertical electrical sounding (ves)* konfigurasi *Schlumberger* dan gambar 2.15 konfigurasi *Wenner*.



Gambar 2.14 Proses Akuisisi Data *vertical electrical sounding (VES)* Konfigurasi *Schlumberger* (Djali, 2014).

Berdasarkan gambar di atas, pengukuran pertama dilakukan dengan membuat jarak spasi a . Dari pengukuran ini diperoleh satu titik pengukuran.

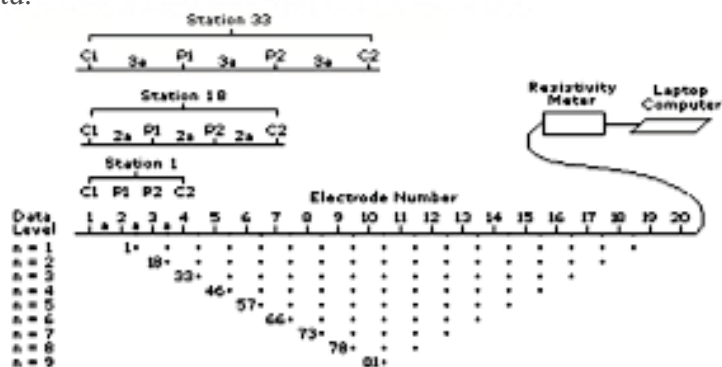
Pengukuran kedua dilakukan dengan membuat jarak spasi antara $C_1 - P_1$ dan $P_2 - C_2$ menjadi $2a$, dan diperoleh titik -pengukuran berikutnya. Sedangkan pada konfigurasi *Wenner* (gambar 2.15) jarak antar elektroda dibuat sama untuk mendapatkan titik pengukuran (*datum point*) yang lebih dalam pada



Gambar 2.15 Proses Akuisisi *vertical electrical sounding* (VES) Konfigurasi *Wenner* (Djali, 2014).

2.4.1.2 Metode Resistivitas Mapping (*Lateral Mapping*)

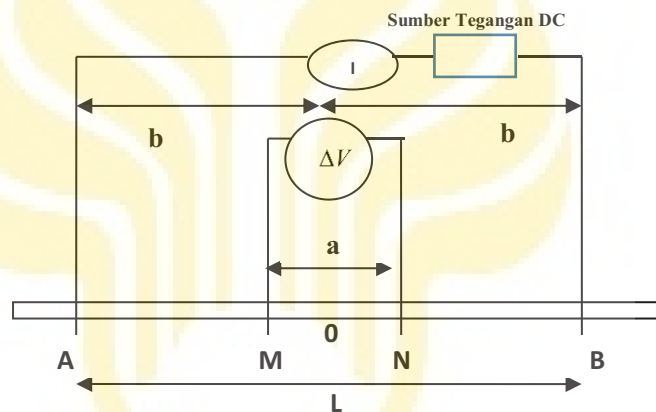
Metode lateral mapping ini digunakan untuk memetakan variasi resistivitas secara lateral (horizontal). Skema penggunaan geolistrik mapping (gambar 2.16) memiliki keuntungan metode ini adalah kemampuan untuk menampilkan citra bawah permukaan secara horizontal di area tertentu.



Gambar 2.16 Metode Akuisisi Data pada Geolistrik *Mapping* (Loke, 1999)

2.4.2 Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger

Susunan dari empat buah elektroda diatas permukaan bumi dapat disebut dengan istilah konfigurasi elektroda. Konfigurasi Schlumberger dapat dilihat pada gambar 2.17. Konfigurasi schlumberger merupakan suatu bentuk konfigurasi dalam geolistrik yang lazim digunakan dalam akuisisi data di lapangan. Susunan elektroda dalam konfigurasi ini diatur sedemikian rupa sehingga dua elektroda potensial (MN) berada diantara dua elektroda arus (AB).



Gambar 2.17 Susunan Elektroda Konfigurasi *Schlumberger* (Djali, 2014)

Berdasarkan besaran fisis yang diukur, susunan elektroda schlumberger ini bertujuan untuk mengukur gradien potensial listriknya. Besar faktor geometris untuk susunan elektroda schlumberger ini sesuai dengan persamaan 2.35.

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)} \quad (2.35)$$

Jika,

$$AM = BN = r_1 = r_4 = b - a/2$$

$$AN = BM = r_2 = r_3 = b + a/2$$

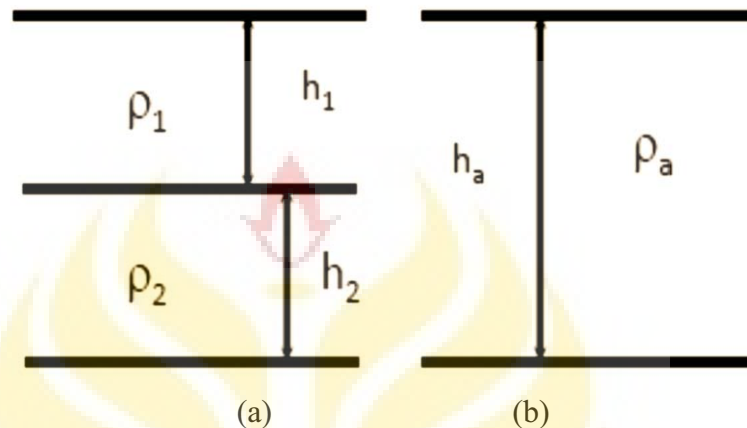
Maka besarnya faktor geometri (K) untuk konfigurasi Schlumberger adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \\
 K &= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{b - a/2} - \frac{1}{b + a/2} - \frac{1}{b + a/2} + \frac{1}{b - a/2}\right)} \\
 K &= 2\pi \left(\frac{b^2 - a^2/4}{2a}\right) \\
 K &= \pi \left(\frac{b^2}{a} - \frac{a}{4}\right) \tag{2.36}
 \end{aligned}$$

2.4.3 Tahanan Jenis Semu (Apparent Resistivity)

Tahanan jenis semu merupakan tahanan jenis yang terukur di permukaan dengan aturan elektroda yang ada. Litologi batuan penyusun bumi pada dasarnya berbentuk lapisan-lapisan dengan nilai resistivitas (ρ) yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Maka dari itu, harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja. Dengan kata lain besarnya tahanan jenis yang terukur tersebut merupakan besarnya tahanan jenis pengganti untuk variasi tahanan jenis yang ada. Asumsi dasar tahanan jenis semu diturunkan dari medium homogen isotropik, sedangkan pada kenyataannya medium yang terukur adalah medium anisotropik yang tidak sederhana asumsi awal (gambar 2.18). Penampang tahanan jenis batuan digunakan sebagai pedoman untuk interpretasi kuantitatif (Loke, 1999).

Adanya perbedaan hasil pengukuran dengan harga teoritis tahanan jenis disebut anomali. Anomali ini membantu dalam langkah interpretasi untuk mengetahui besar tahanan jenis dan kedalaman sebenarnya.



Gambar 2.18 (a) Medium terdiri atas Dua Lapisan Tanah dengan Nilai Resistivitas ρ_1 dan ρ_2
 (b) Asumsi Nilai Lapisan Tanah menurut Nilai Resistivitas Semu terdiri atas Satu Lapisan Homogen.

2.5 Sifat Kelistrikan Batuan

Bumi yang kita tempati ini dapat kita analogikan sebagai suatu medium penghantar listrik karena bumi pada dasarnya terdiri atas berbagai macam batuan penyusun. Kondisi fisik batuan sangat berperan dalam proses aliran listrik tersebut. Misalnya, porositas batuan, permeabilitas batuan, saturasi batuan, resistivitas batuan, dan sebagainya. Selain itu, kita perlu diingat bahwa air (H_2O) merupakan elemen penting dalam terjadinya rambatan arus listrik didalam batuan.

Batuan merupakan suatu jenis materi sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan. Sifat-sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan apabila dialirkan arus listrik didalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu

sendiri akibat adanya ketidakseimbangan, maupun arus listrik yang senagaja dimasukkan kedalamnya (Hendrajaya, 1990).

Arus listrik dalam batuan atau mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi elektrolitik, dan konduksi dielektrik (Telford *et al.*, 1990).

2.5.1 Konduksi elektronik

Batuan dan mineral yang ideal terdiri atas elektron-elektron bebas yang dapat dijadikan sebagai medium penghantar arus listrik dalam batuan.

2.5.2 Konduksi elektrolitik

Konduksi jenis ini banyak terjadi pada batuan yang bersifat porus dan pada pori-pori tersebut terisi larutan elektrolit yang membentuk ion-ion. Ion-ion tersebut kemudian yang akan menghantarkan arus listrik. Konduktifitas batuan berbanding lurus dengan jumlah kandungan air dalam batuan.

2.5.3 Konduksi dielektrik

Batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali sehingga aliran listrik tidak akan berjalan dengan baik. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi.

Kemampuan batuan untuk menahan/menghambat arus listrik dalam bumi disebut resistansi batuan. Resistansi batuan tersebut bergantung pada resistivitas batuan penyusunnya. Resistivitas batuan adalah tahanan jenis bahan/batuan dalam menahan/menghambat arus listrik.

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral digolongkan menjadi tiga macam yaitu;

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

Resistivitas yang terukur pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan (Telford *et al.*, 1990)

Material	Tahanan Jenis (Ωm)	Material	Tahanan Jenis (Ωm)
Air (udara)	0	Ground Water (Air Tanah)	0,5 – 300
Quartz (kwarsa)	500 – 80.000	Sea Water (Air Laut)	0,2
Calcite (Kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$	Dry Gravel (Kerikil Kering)	600 – 10.000
Rock Salt (Garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$	Alluvium (alluvium)	10 – 800
Granite (granit)	200 – 100.000	Gravel (Kerikil)	100 – 600
Basalt (basal)	200 – 100.000	Air dalam akuifer alluvial	20 – 30
Limestones (Gamping)	500 – 10.000	Pasir dan kerikil terendam dalam air tawar	50 – 5×10^2
Sandstones (Batu Pasir)	20 – 20.000	Pasir dan kerikil terendam dalam air laut	0,5 – 5
Shales (Batu Tulis)	20 – 20.000	Sand (Pasir)	1 – 1.000

2.6 Inversi dalam Eksplorasi Geofisika

Tujuan utama dari kegiatan eksplorasi geofisika adalah untuk membuat model bawah permukaan bumi dengan mengandalkan data lapangan yang diukur bisa pada permukaan bumi, dibawah permukaan bumi ataupun diatas permukaan bumi dari ketinggian tertentu.

Dalam eksplorasi geofisika, pembuatan model bawah permukaan tanah mutlak diperlukan, kaitanya dengan parameter fisis batuan. Dalam hal geolistrik resistivitas misalnya, parameter fisis batuan yaitu berupa tahanan jenis batuan (*resistivity*). Maka dalam pembuatan model bawah permukaan dikenal istilah inversi (*inverse modelling*).

Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan (Supriyanto, 2007). Analisa dari proses inversi yaitu dengan melakukan pencocokan kurva (*curve fitting*) antara model matematika dan data observasi.

2.7 Software Res2dINV

Res2dINV adalah *software* yang banyak digunakan untuk mengolah data geolistrik mapping, *software* ini juga dapat digunakan untuk mengolah data geolistrik Polarisasi Teinduksi (IP) dengan berbagai macam konfigurasi misalnya Schlumberger, Wenner-alpha, Wenner-beta, dan sebagainya. Supriyadi., *et al* (2013), Sukmaya.,*et al* (2015), dan Hutomo (2016) menggunakan *software* ini untuk memodelkan penampang bawah permukaan secara 2D.

Keseluruhan proses pengolahan data dalam Res2dInv adalah input data, kemudian koreksi datum point, lalu di inversi untuk mendapatkan data yang mendekati nilai sebenarnya.

2.7.1 Input Data

Sebelum data diinputkan dalam program res2dinv kita perlu membuat file berformat.dat agar program dapat mengeksekusi file tersebut.

2.7.2 Koreksi Error Data

Dalam tahap ini penting untuk mengurangi nilai error yang terlalu besar, yaitu dengan mengeliminasi titik datum yang tidak sesuai dengan track line kedalaman.

2.7.3 Proses Inversi

Proses ini berfungsi untuk menampilkan penampang 2d dari hasil pengukuran, penampang inilah yang kemudian dapat kita interpretasikan dengan data geologi sebagai acuannya.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian tentang identifikasi fenomena jebakan mineral garam di desa Ngaglik, Boyolali dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas ini diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

a. Litologi batuan

Berdasarkan nilai resistivitasnya dapat diketahui jenis batuan penyusun daerah kajian. Top soil berupa singkapan rock salt, andesit, lempung, dan batu pasir yang tersebar di beberapa titik dengan nilai resistivitas antara 6,15 s.d. 173 Ω m. Lapisan selanjutnya adalah jebakan air garam dengan nilai resistivitas 0,50 s.d 1,16 Ω m dengan kedalaman antara 7 meter s.d. 20 meter.

Kemudian secara berurutan adalah lapisan Lempung berasosiasi pasir, pelapukan breksi berselingan tuff, *rock salt*/ batu garam, dan Andesit dengan resistivitas masing masing 6,15 s.d 14 Ω m, 32,6 s.d 75 Ω m, 173 Ω m, lebih dari 173 Ω m.

b. Hidrogeologi

Air tanah permukaan terdapat pada kedalaman kurang dari 25 meter di bawah permukaan. Keberadaan air tanah tersebut merupakan infiltrasi air hujan dalam litologi lempung pasir. Dengan batas lapisan *irreversible*

berupa batuan yang lebih kompak, dalam hal ini batuan tersebut berupa batuan Andesit dan batu garam dengan nilai resistivitas $\geq 173 \Omega\text{m}$.

c. Distribusi sebaran air garam

Jebakan air garam masih terdapat di daerah kajian ini, dengan terlihatnya nilai resistivitas yang kecil (0,50 s.d 1,16 Ωm) tersebar secara dominan pada jarak lintasan 75 meter dan tersebar dengan kedalaman kurang dari 20 meter.

5.2 Saran

Adapun saran dari peneliti mengenai hasil dari penelitian serta untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger dengan kedalaman maksimal 27 meter sampai 30 meter. Maka, untuk mendapatkan hasil yang lebih mendalam, disarankan menggunakan pengukuran geolistrik resistivitas dengan konfigurasi yang lain, misalnya konfigurasi Wenner, Wenner-Schlumberger, Pole-Pole, Dipole-dipole, dan sebagainya.

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*. Environ Earth Sci Vol. 61 (1481-1492).
- Atmiati, S. 2011. *Aplikasi Metode Geolistrik untuk Menentukan Intrusi Air Garam di sekitar Bledug Kuwu Grobogan*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Azizan, F.A., Azwan, M., Zawawi, M., & Abdullah, A.F. 2015. *Development of 3D Model View of Potential Groundwater Aquifer for Irrigation Using Geophysical Technique*. Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering) 76:15 (125-130).
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali. 2009. *Buku Putih Sanitas Kabupaten Boyolali (Gambaran Umum Kabupaten Boyolali Bab II)*. Boyolali : BPS Kabupaten Boyolali.
- Bowen, R. 1986. *Goundwater*. Elsevier Applied science Publisher. London and New York.
- Broto, S. & Afifah. R.S. 2008. *Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger*. Teknik, 29(2): 120-128. ISSN: 0852-1697.
- Davis, S.N., De Wiest, & Roger J. M. 1996. *Hydrogeology*. University of California: Krieger Publishing Company. ISBN: 0894646389, 9780894646386
- Dinas Perhubungan, Komunikasi dan Informatika Kabupaten Cilacap .2008 *Kondisi Umum Kabupaten Cilacap*. Tersedia di <http://www.cilacapkab.go.id/v2/index.php?pilih=hal&id=3> [diakses pada tgl 14 April 2016]
- Djali. 2014. *Laporan Geolistrik Djali*. Bandung : Universitas Padjajaran. Tersedia di <http://dokumen.tips/documents/laporan-geolistrik-djali.html> [diakses pada tanggal 24 November 2016]
- Doddy, S. 2006. *Pembentukan Batu Garam dan Kubah Garam*. Artikel. Tersedia di <https://doddys.wordpress.com/2006/12/08/pembentukan-batu-garam-rock-salt-dan-kubah-garam-salt-dome/> [diakses tanggal 10 Desember 2016]
- Dorbin, M.B. & Savit, C.H .1998. *Introducing to Geophysics Processing 4th edition*. New York

- Ebraheem, M., Senosy, M., & Dahab, A. 1996. *Geoelectrical and Hydrogeochemical Studies for Delineating Ground-Water Contamination Due to Salt-Water Intrusion in the Northern Part of the Nile Delta, Egypt*. Egypt: Assiut University. Groundwater Vol. 35 (2)
- Fakultas Geologi UGM. 2012. Menjelajahi Keunikan Desa Jono. Tersedia di <http://www.kompasiana.com/abdullahhaq/kkl-1-fakultas-geografi-ugm-2012-menjelajahi-keunikan-desa-jono> [diakses pada tanggal 20 April 2016]
- Giancolli, D.C. 2001. *Fisika*. Jakarta : Erlangga
- Halliday, D., & Resnick, R. 2011. *Fundamental of Physics*. Cleveland State University.
- Hariyadi. 2006. *Penentuan Kedalaman Aquifer Air Asin Di Daerah Ngaglik Sambi Boyolali Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hendrajaya, L., & Idam, A.1990.*Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA ITB
- Hutomo, R.S. 2016. *Investigasi Gua Bandung di Kawasan Pegunungan Karst Sukolilo Pati dengan Menggunakan Metode Geolistrik*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Knödel, K., Lange, G., & Voigt, H.J. 2007. *Environmental Geology: Handbook of Field Methods and Case Studies*. Germany. ISBN: 978-3-540-74669-0 Volume:10.1007/978-3-540-74671-3
- Kodoatie, J.R. 1996. *Pengantar Hidrologi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Latifah, D. 2014. *Analisis Daya Hantar Listrik (DHL) Airtanah Asin dan Dampak Pada Peralatan Rumah Tangga di Kecamatan Grogol*. Skripsi Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Loke, M.H., 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Penang, Malaysia.
- Luthfinur, I., Khumaedi, & Susanto, H. 2015. *Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta)*. Unnes Physics Journal, 5 (1). ISSN 2251-6978
- Milsom, J., & Eriksen, A. 2003. *Field Geophysics 3th edition*. West Sussex, UK : John Wiley & Sons Inc.
- Mogren, S. 2015. *Saltwater Intrusion in Jizal Coastal Zone, Southwest Saudi Arabia, Inferred from Geoelectric Resistivity Survey*. Kingdom of Saudi Arabia: King Saud University.

- Nurhidayah. 2013. *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Mengetahui Pencemaran Limbah Pabrik di Sekitar Sungai Daerah Genuk*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Purnama, S., Cahyadi, A., Abriarta, E., Khakim, N., & Prihatno, H. 2013. *Identifikasi Airtanah Asin Berdasarkan Pendugaan Geolistrik di Pesisir Kota Cilacap Jawa Tengah*. Yogyakarta: UGM. Geomedia Vol.11 (2).
- Soedjono, J. 2012. *Survey Report: Hydrological Analysis of the Situ Gintung Dam Failure*. Journal of Disaster Research Vol. 7, No. 5, 590-594.
- Sukardi, & Budhitrisna. 1992. *Peta Geologi Lembar Salatiga, Jawa*. Bandung: Badan Geologi Indonesia
- Sukmaya, F., Pancawati, K.D., Takarasharfina, P.A., & Fikriyah, A.Z. 2015. *Studi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Karangayu, Kota Semarang*. Yogyakarta: HMGI Magazine Vol. 4 (28-31)
- Supriyadi, Khumaedi, & Panca, R.N. 2013. *Pola Sebaran Limbah TPA Studi Kasus di Jatibarang Semarang*. Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol. 20 (1).
- Supriyanto. 2007. *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi edisi 1*. Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia.
- Sutandi, M.C. 2012. *Penelitian Air Tanah*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha.
- Syahputra, B. 2009. *Perancangan Trickling Filter Dengan Media Batu Apung Sebagai Upaya Penurunan Salinitas Air Payau (Studi Kasus Intrusi Air Laut di Semarang)*. Jurnal Studi Lingkungan. 1(1): 47-56.
- Telford, W.M., Sheriff, R.E., & Geldart, L.P. 1990. *Applied Geophysics, 2nd edition*. New York: Cambridge University Press.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Waluyo. 2000. *Teori dan Aplikasi Metode Resistivitas*. Yogyakarta: Laboratorium Geofisika Program Studi Geofisika UGM.
- Waspodo, R.S.B. 2002. *Investigasi Air Tanah Melalui Geolistrik di Darmaga, Bogor*. Buletin Keteknikaan Pertanian, 16 (1).
- Zohdy, A.A.R., Eaton, G.P., & Mabey, D.R. 1980. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*. Washington: United States Department of The Interior.