

**PENENTUAN ZONA INTRUSI AIR LAUT DAERAH PANTAI
SELATAN BANYUWANGI DENGAN METODE GEOLISTRIK
TAHANAN JENIS
(Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten
Banyuwangi)**

SKRIPSI

Oleh:
NAILATUL MUNA
NIM. 12640063



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

**PENENTUAN ZONA INTRUSI AIR LAUT DAERAH PANTAI SELATAN
BANYUWANGI DENGAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
(Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten
Banyuwangi)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**NAILATUL MUNA
NIM. 12640063**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

PENENTUAN ZONA INTRUSI AIR LAUT DAERAH PANTAI SELATAN
BANYUWANGI DENGAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
(Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)

SKRIPSI

Oleh:
NAILATUL MUNA
NIM. 12640063

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 23 Desember 2016

Pembimbing I



Irjan, M.Si
NIP. 19691231 200604 1 003

Pembimbing II



Erika Rani, M.Si
NIP. 19810613 200604 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 2200801 2 009

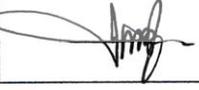
HALAMAN PENGESAHAN

PENENTUAN ZONA INTRUSI AIR LAUT DAERAH PANTAI SELATAN
 BANYUWANGI DENGAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
 (Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)

SKRIPSI

Oleh:
NAILATUL MUNA
 NIM. 12640063

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
 Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
 Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
 Tanggal: 03 Januari 2017

Penguji Utama	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Ketua Penguji	<u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP.19790730 200312 1 002	
Sekretaris Penguji	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Anggota Penguji	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	

Mengetahui,
 Ketua Jurusan



Erna Hastuti, M.Si
 NIP. 19811119 2200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : NAILATUL MUNA
NIM : 12640063
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Penentuan Zona Intrusi Air Laut Daerah Pantai Selatan Banyuwangi Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 04 Desember 2016
Yang Membuat Pernyataan,



Nailatul Muna
NIM. 12640063

MOTTO

Sabar,
Sabar,
Sabar,
Bahagia Pasti menghampiri...

Syukur,
Syukur,
Syukur,
Alhamdulillah... 😊



HALAMAN PERSEMBAHAN

- ❖ Kupersembahkan karya ini teruntuk **Abah Moh. Munir dan Umi Nurul Khoiriyah** yang sudah dengan sabar mendengarkan keluh kesah saya selama masa study dan tanpa lelah memberi semangat dan doa tiada henti. Semoga karya ini bisa memenuhi harapan abah umi selama ini. Teruntuk Adik-adikku, **M. Kautsar Syabuddin** yang selalu menasihati saya untuk segera selesai, **M. Nabil Bahrain, Ahmad Hirzul Umam** yang selalu memberi warna dalam kepenatan saya.



KATA PENGANTAR



Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang ini berjalan dengan lancar baik. Sholawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya.

Penyusunan laporan yang berjudul "Penentuan Zona Intrusi Air Laut Daerah Pantai Selatan Banyuwangi Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)" ini, disusun dalam rangka menyelesaikan tugas akhir/skripsi yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pada kesempatan ini, penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih dan harapan *jazakumullah al-khair* kepada semua pihak yang telah membantu, memberi pengarahan, bimbingan supaya skripsinya dapat terselesaikan dengan baik, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Mudjia Rahardjo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Bayyinatul Mukhtaromah, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3. Erna Hastuti, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Irjan. M,Si dan Erika Rani, M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Segenap Civitas Akademika Jurusan Fisika, terutama seluruh dosen, laboran, dan staf karyawan yang bersedia membantu, menyediakan waktu bagi penulis untuk berbagi ilmu dan memberikan bimbingan.
6. Orangtua tercinta serta segenap keluarga yang selalu mendo'akan, memberi kepercayaan dan memberikan motivasi kepada penulis dalam menuntut ilmu.
7. Teman-teman tersayangku Nurisyadzatul Hurun, S.Si, Nizara Isnanda Rahma, S.Si, Isna Vita Sari, S.Psi, Jiwati Arumbia, S. Hi, Ernanda Widya Anugraheni, S.Pd, Fitriatul Laili, S.Pd, yang sudah sangat menghibur dan membantu penulis selama ini.
8. Teman dan saudaraku Zulfi Farida Alfianti, S. Si yang sudah menemani penulis.
9. Teman penelitianku Nur Khamidah terimakasih tetap semangat hingga kini.
10. Teman-teman yang membantu menyelesaikan dalam pengambilan data, Mas Yoel, Mas Avi dan yang lainnya.
11. Teman-teman yang selalu memberikan motivasi, inspirasi, dan kebersamaannya selama ini.
12. Teman-teman bidikmisi 2012 yang sudah memberikan banyak semangat dan kebersamaannya selama ini.

13. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan demi kemajuan bersama. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan menambah khazanah ilmu pengetahuan. *Amin Ya Rabbal Alamin.*

Malang, 04 Desember 2016

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Geologi Daerah Penelitian	5
2.1.1 Fisiografi dan Geomorfologi	5
2.1.2 Stratigrafi	6
2.1.3 Data Geologi	7
2.2 Air Tanah	10
2.2.1 Hidrologi dan Klimatologi Airtanah	10
2.2.2 Geomorfologi dan Hidrogeografi Airtanah	13
2.3 Intrusi Air Laut	15
2.3.1 Intrusi Air Laut Menurut Perspektif al-Qur'an	18
2.4 Sifat Fisis Batuan	19
2.4.1 Densitas	19
2.4.2 Porositass	20
2.4.3 Permeabilitas	22
2.5 Konsep Teori Geolistrik	23
2.6 Sifat Listrik Batuan	26
2.6.1 Konduksi Secara Elektronik	26
2.6.2 Konduksi Secara Elektrolitik	28
2.6.3 Konduksi Secara Dielektrik	29
2.7 Konduktivitas Listrik	29
2.8 Aliran Listrik di Dalam Bumi	29
2.9 Konfigurasi Wenner	31
2.9.1 Wenner Alpha	33

2.10 Konsep Resistivitas Semu	34
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2 Peralatan Penelitian	37
3.3 Akuisisi Data	38
3.3.1 Proses Pengambilan Data Mapping	39
3.3.2 Prosesing Data.....	41
3.3.3 Interpretasi Data	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Akuisisi Data.....	43
4.2 Pengolahan Data	44
4.2.1 Model Penampang 2D.....	45
4.2.2 Metode Geolistrik Resistivitas Mapping dengan Konfigurasi Wenner Alpha	46
4.3 Interpretasi Data	47
4.3.1 Intrpretasi Lintasan 1.....	48
4.3.2 Interpretasi Lintasan 2.....	49
4.3.3 Interpretasi Lintasan 3.....	50
4.3.4 Interpretasi Lintasan 4.....	51
4.4 Deskripsi Data Sumur	53
4.5 Analisa Pemodelan Setiap Lintasan	53
4.5.1 Analisa Lintasan 1 Mapping 2D	53
4.5.2 Analisa Lintasan 2 Mapping 2D	54
4.5.3 Analisa Lintasan 3 Mapping 2D	55
4.5.4 Analisa Lintasan 4 Mapping 2D	56
4.6 Model Penampang 3D dari keempat Lintasan	57
4.7 Integrasi Penelitian dengan al-Qur'an.....	58
BAB V PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi Lembar Banyuwangi	8
Gambar 2.2 Penampang Melintang Airtanah Pada Akifer	11
Gambar 2.3 Siklus Hidrologi	12
Gambar 2.4 Hubungan Antara Air tawar Dengan Air Asin.....	17
Gambar 2.5 Bagan Pada Saat Kondisi Normal dan Intrusi Air Laut	18
Gambar 2.6 Porositas Batuan	20
Gambar 2.7 Porositas Total.....	21
Gambar 2.8 <i>Fracture</i> Batuan	22
Gambar 2.9 Permeabilitas dan Ukuran Butir	23
Gambar 2.10 Silinder Konduktor	27
Gambar 2.11 Sumber Arus Dua Titik pada Permukaan Homogen Isotropis.....	30
Gambar 2.12 Perubahan Bentuk pada Bidang <i>Equipotensial</i> dan Garis Aliran Arus Untuk Dua Titik Sumber Arus pada Permukaan Tanah Homogen.....	31
Gambar 2.13 Konfigurasi Wenner	32
Gambar 2.14 Konsep Resistivitas Semu dalam Lapisan Tanah.....	35
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	39
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data Geolistrik	40
Gambar 3.4 Skema Pengambilan Data <i>Mapping</i>	41
Gambar 4.1 Penampang Resistivitas Lintasan 1	48
Gambar 4.2 Penampang Resistivitas Lintasan 2	49
Gambar 4.3 Penampang Resistivitas Lintasan 3	51
Gambar 4.4 Penampang Resistivitas Lintasan 4	52
Gambar 4.5 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 1	54
Gambar 4.6 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 2	54
Gambar 4.7 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 3	55
Gambar 4.8 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 4	57
Gambar 4.9 Model Penampang 3D	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Resistivitas dari batuan dan bijih mineral (ohm-meter).....	25
Tabel 4.1 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 1.....	49
Tabel 4.2 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 2.....	50
Tabel 4.3 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 3.....	51
Tabel 4.4 Hasil Interpretasi Lithologi pada Lintasan 4.....	52



DAFTAR LAMPIRAN

- Data Resistivitas Mapping Lintasan 1
- Data Resistivitas Mapping Lintasan 2
- Data Resistivitas Mapping Lintasan 3
- Data Resistivitas Mapping Lintasan 4



ABSTRAK

Nailatul Muna, 2016. **Penentuan Zona Intrusi Air laut Daerah Pantai Selatan Banyuwangi Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis** (Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi). Skripsi, jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Irjan, M. Si (II) Erika Rani, M. Si

Kata Kunci: Intrusi Air Laut, Resistivitas, Banyuwangi.

Penelitian dilakukan di Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi. Intrusi air laut adalah masuk atau menyusupnya air laut kedalam pori-pori batuan dan mencemari airtanah yang terkandung didalamnya sehingga menyebabkan airtanah berubah menjadi air payau atau bahkan air asin. Survei geolistrik yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas yang merupakan metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mengalirkan arus listrik DC yang mempunyai tegangan tinggi kedalam tanah tanpa merusak material-material dalam tanah. Survei ini bertujuan untuk mengetahui sebaran dan faktor penyebab terjadinya intrusi air laut dengan diinterpretasikan dan dianalisa setelah dilakukan pemodelan 2D dan 3D menggunakan software Res2din dan CorelDRAW X8. Berdasarkan interpretasi dan analisa yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa lapisan tanah yang mengandung fluida ditunjukkan dengan skema warna biru muda hingga biru tua pada pemodelan 2 dimensi dengan nilai resistivitas 0,703-6,09 ohm meter dan dari hasil pemodelan 2 dimensi diketahui zona yang terdeteksi terintrusi air laut berada pada lokasi A lintasan 3 dan 4, disebabkan adanya rembesan air laut dibawah permukaan pada lithologi batuan gamping di daerah penelitian dengan nilai resistivitas 4,01-31,1 ohm meter dengan kedalaman 26,9 meter dibawah permukaan.

ABSTRACT

Nailatul Muna, 2016. Determination of Seawater Intrusion Zone of South Beach of Banyuwangi With Prisoners type Geo electric method. thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Irjan, M. Si (II) Erika Rani, M. Si

Keywords: Seawater Intrusion, resistivity, Banyuwangi.

This research has been carried out at Sumberasri Village, Purwoharjo District, Banyuwangi Regency. Sea intrusion includes or infiltrates sea water into the pores of rock and contaminates groundwater. So as to change groundwater to be brackish water or salt water. Geoelectric survey was used Geoelectric Resistivity method which was a method in geophysics what studied the nature of the flow of electricity in the earth with draining an electric current of DC that having a high voltage into the soil without damaging the soil materials.

The goal of this research is to determine the distribution and causative factor of the intrusion of sea water to be interpreted and analyzed after using 2D and 3D modeling software CorelDRAW X8 and Res2dinv. Based on the interpretation and analysis that done showed the soil layer that contained the fluid was indicated by the light blue color sheme to dark blue on the two (2) dimensional modeling with resistivitas value of 0.703 to 6.09 ohm meters. And the result of two (2) dimensional modeling known zones detected sea water intrusion is at a location A track 3 and 4, due to the seepage of sea water below the surface of the limestone rock lithology in the area of research with a value of deployment of sea water intrusion occuring in the area of the track 3 and 4, due to the seepage of sea water below the surface of the limestone rock lithology in the area of research with a value of 4.01 to 31.1 resistivitas ohm meters with a depth 26.9 meters below the surface.

ملخص

نبذة المني، 2016. تحديد المنطقة التسلل المياه البحر في شاطئ الجنوبي بانيووانجي مع طريقة اللجغرافية الكهريائية الاجراء. بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: إرجان، الماجستير و إيريك راني، الماجستير

كلمات الرئيسية: التسلل مياه البحر ، المقاومة، بانيووانجي.

وقد أجريت هذه الدراسة في قرية سومبيراسرى فوروهورجو بانيووانجي التي تحدف للكشف عن تسرب المزعوم من مياه البحر. تسرب مياه البحر هو تسرب المياه الواردة أو لاو في المسام الصخور وتلوث المياه الجوفية، مما تسبب في المياه الجوفية الواردة تتحول فيها إلى المياه المالحة. مسح اللجغرافية الكهريائية المستخدمة هي طريقة اللجغرافية الكهريائية المقاومة في اللجغرافي الفيزياء الذي يدرس خصائص الكهرياء داخل الأرض عن طريق تيار كهريائي DC التي توجد اللهد العالي في التربة بدون الإضرار المواد في التربة. ويهدف هذا المسح لتحديد التوزيع والأسباب التي أدت إلى تسرب مياه البحر إلى تفسيرها وتحليلها بعد استخدام نماذج البرمجيات 2D و 3D باستخدام Res2dinv و CorelDRAW X8. واستنادا إلى تفسير وتحليل ما تم القيام به يدل على أن ينتشار تسرب مياه البحر الذي يحدث في المنطقة من المسار 3 و 4. وقوع اقتحام مياه البحر في منطقة البحث بسبب نوع من طبقات الصخور الكارستية (الحجر الجيري)، ثم بعد اختراق من أنواع الصخرة الجرانودايوريت و قد دخلت مياه البحر إلى الكهوف لا تمكن أن تتدفق

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan manusia yang paling utama bagi kehidupan. Sejak zaman dahulu, kehidupan berada di daerah yang dekat dengan sumber air layak konsumsi. Sumber air layak konsumsi umumnya diperoleh dari airtanah (*ground water*), air permukaan (*surface water*) dan air hujan. Penggunaan airtanah merupakan salah satu alternatif yang dilakukan manusia guna memenuhi kebutuhan air baik layak konsumsi. Karena disamping mudah diperoleh juga sangat ekonomis.

Banyuwangi tepatnya bagian selatan merupakan daerah yang dikelilingi oleh banyak pantai, sehingga penduduknya bermata pencaharian sebagai nelayan. Sebagian penduduknya bermata pencarian sebagai petani, dimana sekitar 2-3 Km dari pesisir pantai banyak hutan yang digunakan untuk bercocok tanam.

Penelitian dilaksanakan di Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi yang merupakan salah satu daerah yang memiliki kualitas air asin. Hal ini berbeda dengan daerah lain yang memiliki kualitas air tawar yang baik dan layak konsumsi, sehingga menyebabkan warga sekitar tempat penelitian kesulitan untuk menemukan air layak konsumsi.

Daerah tempat penelitian ini termasuk daerah yang didominasi dengan daerah pesisir pantai. Sehingga memungkinkan terjadinya intrusi atau rembesan air laut ke dalam akuifer. Di daerah pesisir, penurunan airtanah menyebabkan intrusi atau rembesan air laut ke daratan karena tekanan airtanah menjadi lebih

kecil dibandingkan tekanan air laut. Migrasi air laut ke daratan merupakan salah satu faktor yang dapat mengganggu kualitas airtanah. Air bersih yang diperoleh dari airtanah yang mulanya memiliki kualitas air bersih layak konsumsi mengalami penurunan kualitas karena sudah terkontaminasi dengan air laut. Selain adanya penurunan kualitas air layak konsumsi.

Fenomena alam ini dijelaskan dengan gamblang dalam firman Allah SWT, surat al-Furqon ayat 53:

﴿ وَهُوَ الَّذِي مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَجَعَلَ بَيْنَهُمَا بَرْزَخًا وَحِجْرًا مَّحْجُورًا ﴾

“Dan Dialah yang membiarkan dua laut yang mengalir (berdampingan); yang ini tawar lagi segar dan yang lain asin lagi pahit, dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang menghalangi”. (Q.S : al-Furqon, 53).

Intrusi air laut adalah salah satu fenomena alam yang menunjukkan bukti bahwa air laut dan air tawar tidak bisa bercampur atau bersatu. Hal ini terdapat firman Allah SWT pada kata (مرج) yang berarti “mengalir (berdampingan)” dimana dalam konteks tersebut berdampingan berarti tidak bergabung atau menyatu. Selain itu, pada kalimat (وجعل بينهما برزخا و حجرا محجورا) yang berarti “dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang menghalangi”, menunjukkan bahwa Allah SWT dengan kuasa-Nya menjadikan kedua air tersebut tidak bisa menyatu karena terdapat pembatas diantara keduanya.

Daerah penelitian yang merupakan daerah dekat dengan pesisir pantai menjadi salah satu penyebab perbedaan kuantitas dan kualitas air yang dibutuhkan oleh warga sekitarnya. Tidak hanya itu saja, dominasi pantai dan perbedaan struktur geologi di Banyuwangi selatan tepatnya Desa Sumberasri Kecamatan

Purwoharjo juga menyebabkan perbedaan kandungan air yang dikonsumsi warga sekitar, sehingga banyak warga sekitar terutama warga daerah penelitian dalam mendapatkan air layak konsumsi sangat terbatas karena sulitnya mencari sumber air. Berdasarkan tafsir ayat di atas dan beberapa hal yang mendasarinya perlu dilakukannya penelitian tentang “Penentuan Zona Intrusi Air Laut Daerah Pantai Selatan Banyuwangi Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)”. Dengan harapan setelah dilakukannya penelitian ini, masyarakat sekitar dapat dengan mudah memilih daerah-daerah yang bisa mendapatkan sumber air tawar yang layak konsumsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan lapisan tanah yang mengandung fluida (airtanah) dan fluida (air asin) menggunakan metode geolistrik resistivitas?
2. Zona mana sajakah yang terdeteksi telah mengalami intrusi air laut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan lapisan tanah yang mengandung fluida (airtanah) dan fluida (air asin) di area penelitian.
2. Menentukan zona yang terindikasi terjadi intrusi air laut di area penelitian.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Pengambilan data di lapangan menggunakan metode geolistrik resistivitas.
2. Pengukuran resistivitas di lapangan dilakukan dengan menggunakan konfigurasi Wenner.
3. Pengolahan data penelitian dilakukan dengan menggunakan software *res2dinv* dan *coreldraw x8*



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Geologi Daerah Penelitian

2.1.1 Fisiografi dan Geomorfologi

Secara fisiografi daerah pemetaan termasuk Lajur Pegunungan Selatan Jawa Timur, Lajur Lembang Tengah Jawa dan Lajur Solo yang terdiri dari batuan gunungapi muda (Bemmelen, 1949), sedangkan menurut Nahrowi drr, 1978, bagian selatan daerah pemetaan termasuk dalam Tinggian Sukamade dan Rendahan Banyuwangi.

Geomorfologi daerah pemetaan dapat dibagi menjadi beberapa satuan, yaitu Pegunungan Gunungapi Tersier, Kerucut Gunungapi, Kaki Gunungapi, Kars dan Dataran Aluvium.

Pegunungan gunungapi tersier, satuan ini membentang dari bagian Barat Daya Lembar, meliputi Gunung Lembu (920 m), dan Gunung Lampong (800 m). Pola aliran sungainya bersistem meranting, dengan lembah dalam, lebar hingga sempit. Batuan penyusunnya sangat tahan terdiri dari Formasi Batu ampar yang dikuasai oleh lava basaltik-andesit.

Sebaran kerucut gunungapi terbentang di bagian utara Lembar, hampir mencapai 40% luas Lembar, meliputi Gunung Raung, Gunung Suket, Gunung Pendil, Gunung Rante, Gunung Merapi, dan Gunung Ijen. Pola aliran sungai menunjukkan sistemnya memancar dengan lembah dalam dan sempit. Batuan penyusunnya berupa batuan gunungapi muda, hasil erupsi gunungapi tersebut di atas, yang terdiri dari lava, breksi dan tuf. Pada umumnya daerah ini ditutupi oleh hutan tropika.

Sebaran kaki gunungapi terdapat di bagian tengah sampai selatan Lembar, umumnya merupakan dataran yang miring yang dijadikan pemukiman dan pesawahan. Aliran sungai di wilayah ini sejajar, dengan lembah lebar dan agak dalam, berbentuk U. Batuan penutupnya berupa endapan lahar, yang termasuk Formasi Kalibaru.

Sebaran kars terdapat di beberapa tempat yaitu Tanjung Sembulungan dan daerah Watudodol dan sekitarnya. Batuan penyusunnya terdiri dari batu gamping. Tanjung Sembulungan tersusun oleh Formasi Punung, sedangkan di Watudodol dan sekitarnya tersusun oleh Batu gamping Terumbu. Daerah penelitian terletak didaerah sebaran kars Tanjung Sembulungan.

Dataran aluvium tersebar di sepanjang pantai timur, mulai dari Banyuwangi sampai Muncar. Pola aliran sungainya sejajar, dengan lembah lebar dan dangkal. Batuan penyusunnya terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lumpur.

2.1.2 Stratigrafi

Batuan tertua yang tersingkap di lembar ini adalah Formasi Batu ampar (Tomb), yang terdiri dari tuf, breksi gunungapi, batu gamping dan lava, berumur Oligosen – Miosen Tengah. Formasi Punung (Tmp) menjemari dengan bagian atas Formasi Batu ampar. Formasi Punung tersusun oleh batu gamping terumbu, batu gamping tufan atau napalan, berumur akhir Miosen Awala-Miosen Tengah.

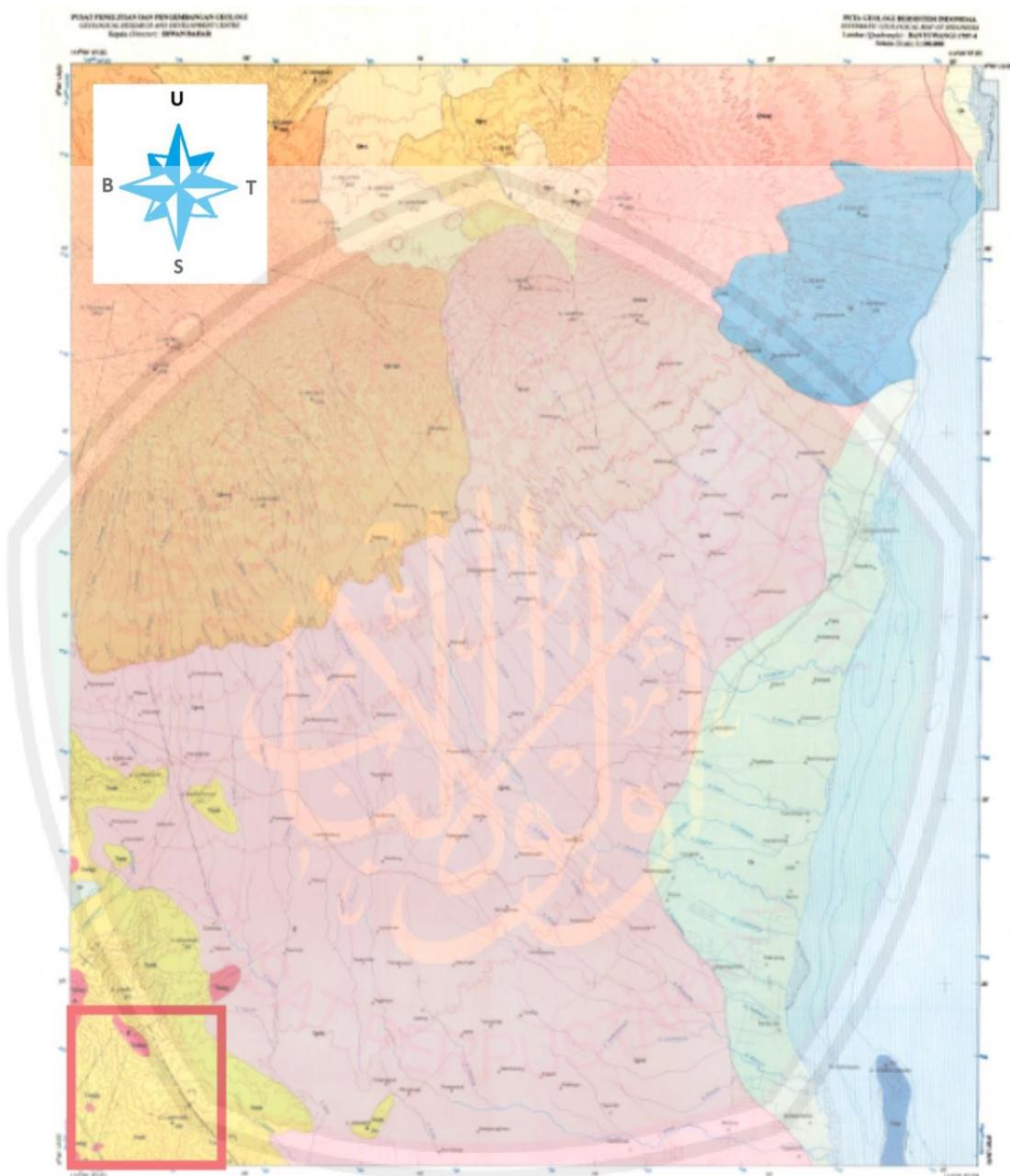
Pada kala Plistosen terjadi kegiatan Gunungapi Ijen Tua (Qpvi), yang terdiri dari breksi gunungapi, breksi batu apung dan tuf, sedangkan endapan laharnya membentuk Formasi Kalibaru (Qpvk) yang tersusun oleh breksi lahar,

konglomerat, batupasir dan tuf, yang berumur Plistosen Tengah. Kemudian diikuti kegiatan Gunungapi kompleks Raung, Suket dan Pendil (Qhv(r,p)), yang tersusun oleh tuf, breksi gunungapi dan lava, selanjutnya terjadi kegiatan Gunungapi Ranted an Gunungapi Merapi (Qv(r,m)), yang menghasilkan persilangan breksi gunungapi dan tuf dengan sisipan lahar dan lava, dan diakhiri dengan kegiatan Gunungapi Ijen Muda (Qhvi) yang menghasilkan tuf, breksi, lava dan belerang. Batu gamping terumbu (Ql) yang terdiri dari batu gamping terumbu, tuf dan aglomerat, menjemari dengan batuan hasil Gunungapi Merapi. Satuan termuda adalah Endapan Aluvium (Qa) yang berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung. Batuan intrusi yang terdapat di daerah ini adalah Granodiorit (Tmi) (g) dan Andesit (Tmi) (a).

2.1.3 Data Geologi

Berdasarkan peta geologi lembar Banyuwangi, Jawa, oleh Sidarta, T. Suwarti & D. Sudana (1993) daerah tempat penelitian memiliki jenis batuan permukaan berupa:

- a. Formasi Batu ampar (Tomb): pada bagian bawah berupa perselingan antara tuf halus, tuf kasar, tuf breksi dengan sisipan batu gamping, sedangkan bagian atas berupa breksi gunungapi dan lava yang dapat dibandingkan dengan Formasi Merubetiri di Lembar Jember.



Gambar 2.1 Lokasi Penelitian dan Peta Geologi Lembar Banyuwangi (Sidarto, 1993)

Batuan formasi ini pada umumnya telah mengalami ubahan (terkloritkan, terepidotkan), sehingga berwarna kelabu sampai kelabu kehijauan. Proses ubahan ini menghasilkan antara lain mineral kuarsa, klorit, epidot, serisit, zeolite dan kalsit.

Tuf, berselang-seling antara yang berukuran kasar dan halus, berwarna kelabu kehijauan-kecoklatan, umumnya telah terargilitkan, dijumpai Kristal kuarsa, feldspar, biji dan barik kuarsa. Batu gamping, kalkarenit, bening kecoklatan, perlapisan buruk, mengandung foraminifera kecil.

Breksi gunungapi, kelabu kehijauan, komponennya terdiri dari batuan basal andesit, berukuran 2-10 cm, setempat mencapai 50 cm, bentuk butir menyudut tanggung, kemas terbuka, setempat ditemui mineral sulfida.

Lava basaltik-andesitik, kelabu kehijauan, pejal, berstruktur bantal, porfiritik dengan fenokris plagioklas dan piroksen, umunya telah berubah menjadi mineral klorit, epidot massa dasar kaca gunungapi yang telah berubah menjadi lempung.

Adanya struktur bantal dan sifatnya yang pejal, diduga formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dalam (Williams, dkk., 1954), sedangkan dilembar Blambangan berkembang sampai laut dangkal.

Dalam formasi ini dijumpai adanya foraminifera kecil, tetapi tidak dapat ditentukan umurnya. Dari analisis kandungan fosil di lembar Blambangan, formasi batu ampar disimpulkan berumur Miosen tengah, jenjang Tf bawah (Achdan, dkk., 1989), sedangkan di lembar Jember formasi ini menjemari dengan Formasi Merubetiri, yang berumur oligosen-Miosen tengah (Sapei, dr., 1990). Dengan demikian formasi ini diduga berumur oligosen-Miosen-tengah.

Penyebaran formasi ini terdapat di sebelah Barat Daya lembar, meliputi gunung Lembu, Gunung Lampong dan Gunung Genteng.

Nama formasi Batu ampar pertama kali diajukan oleh Sapei, drr, (1992), sedangkan Bemmelen (1949) menyebutnya sebagai formasi andesit tua.

Lokasi tipenya terdapat di K. Batu ampar Lembar Jember.

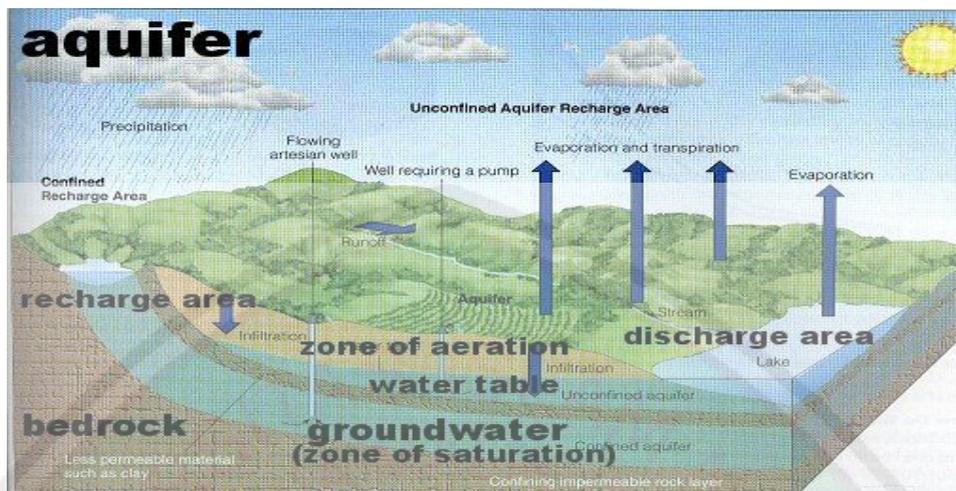
- b. Granodiorit dan Dasit. Granodiorit berwarna putih-kelabu, masif, holokristalin, berkristal sedang-kasar, umumnya telah terubah dan di beberapa tempat berstruktur kekar berlembar. Komposisi mineralnya terdiri dari kuarsa, plagioklas, feldspar, hornblende, mineral bijih dan mineral ubahan. Tersingkap di daerah sebelah barat Gunung Lembu. Di Gunung Sekaran dapat ditemui batuan dasit berstruktur porfiritik, masif berwarna putih kelabu dengan fenokris kuarsa dalam massa dasar plagioklas, feldspar dan feldspar sferulitik yang diduga sebagai ubahan dari kaca gunungapi.

Batuan granodiorit ini menerobos formasi batu ampar, sehingga diduga berumur sesudah Miosen awal, paling tidak Miosen tengah.

2.2 Airtanah

2.2.1 Hidrologi dan Klimatologi Airtanah

Airtanah ditemukan pada lapisan batuan permeabel (tembus air) yang dikenal sebagai akifer (*aquifer*) yang merupakan formasi air yang cukup besar. Akifer adalah lapisan batuan yang berukuran batu pasir atau lebih kasar serta lapisan batuan padu yang memiliki celahan. Akifer bebas (*unconfined aquifer*) adalah airtanah dalam akifer yang tertutup lapisan impermiabel, dan merupakan akifer yang mempunyai permukaan airtanah (Seyhan, 1990).



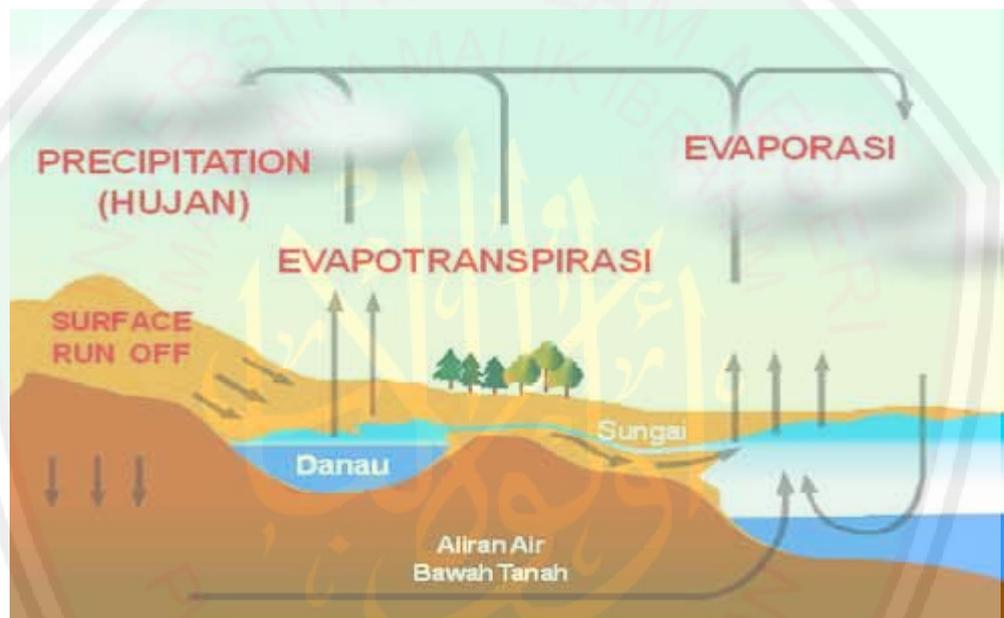
Gambar 2.2 Penampang melintang airtanah pada akifer (Seyhan, 1990)

Aliran airtanah dimulai pada daerah resapan airtanah atau disebut sebagai daerah imbuhan airtanah (*recharge area*). Daerah ini adalah wilayah dimana air yang berada di permukaan tanah baik air hujan ataupun air permukaan mengalami proses penyusupan (*infiltrasi*) secara gravitasi melalui lubang pori tanah/batuan atau celah/rekahan pada tanah/batuan. Air menerobos ke bawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan terisi air (jenuh air). Air dalam zona jenuh (*zone of saturation*) ini dinamakan airtanah (*groundwater*). Batas atas zona ini disebut muka airtanah (*water table*). Lapisan tanah di atasnya yang tidak jenuh disebut zona aerasi (*zona of aeration*). Muka airtanah umumnya tidak horizontal, tetapi lebih kurang mengikuti permukaan topografi di atasnya. Daerah dimana air hujan meresap kebawah sampai zona jenuh dinamakan daerah imbuhan (*recharge area*) dan daerah dimana airtanah keluar dinamakan *discharge area* (Gambar 2.2).

Air tersimpan pada sejumlah tempat dalam siklus hidrologi termasuk vegetasi, permukaan tanah, kelembaban tanah, airtanah dan saluran-saluran air

seperti sungai dan danau. Dalam siklus hidrologi global, simpanan cadangan air terdapat juga di lautan dan atmosfer.

Siklus hidrologi tergantung pada pergerakan air di atmosfer, litosfer dan biosfer. Dalam skala global, siklus ini merupakan suatu sistem tertutup, tidak ada yang hilang dalam siklus (Nagle, 2003).



Gambar 2.3 Siklus Hidrologi (Nagle, 2003)

Siklus hidrologi pada skala lokal (Gambar 2.3) dimulai dari evaporasi air laut. Uap yang dihasilkan dibawa oleh udara yang bergerak. Uap air tersebut kemudian terkondensasi membentuk awan, yang pada akhirnya menghasilkan hujan (*prespitation*). Prespitasi yang jatuh ke permukaan bumi menyebar kearah berbeda dalam beberapa cara. Sebagian besar dari prespitasi tersebut untuk sementara tertahan di tanah dekat tempat air hujan tersebut jatuh dan akhirnya dikembalikan lagi ke atmosfer oleh evaporasi dan transpirasi oleh tanaman.

Sebagian melalui permukaan tanah, menuju sungai, danau, dan laut, sebagian lagi meresap masuk ke tanah menjadi airtanah (*groundwater*).

Dalam siklus hidrologi, perputaran air tidak selalu merata karena adanya pengaruh meologi (suhu, tekanan, atmosfer, angin) dan kondisi topografi.

Airtanah dapat disuplai oleh aliran-aliran permukaan bumi seperti sungai dan danau atau bentang-bentang perairan di muka bumi daratan adalah presipitas. Presipitas dapat berupa hujan (*rainfall*), hujan gerimis, salju, hujan batu es dan *sleet* atau campuran air hujan dan salju (Seyhan, 1990). Untuk wilayah-wilayah tropik lembab yang secara klimatologis hanya terdiri dari dua musim (musim penghujan dan musim kemarau) seperti Indonesia, bentuk presipitasinya yang dominan adalah hujan atau air hujan.

Makin tinggi letak tempat dari muka laut, makin banyak hujannya, sampai pada ketinggian 900 m pada umumnya dan topografi serta arah hadapan (*exposure*) lereng merupakan dua diantara faktor muka bumi yang turut menentukan hujan, baik jatuhnya maupun jumlahnya (Sandy, 1985).

Dari uraian diatas dapat menjelaskan bahwa secara tidak langsung ada hubungan antara curah hujan dengan airtanah, bukan sekedar curah hujan sebagai pensuplai airtanah, tetapi curah hujan dan topografi bersama-sama dapat memberikan gambaran mengenai permukaan airtanah (*water table*).

2.2.2 Geomorfologi dan Hidrogeografi Airtanah

Intensitas air hujan yang melebihi laju dan kapasitas infiltrasi, akan berakumulasi sebagai cadangan permukaan. Bila kapasitas cadangan permukaan terlampaui maka kelebihan air cadangan permukaan itu akan mengalir di atas

permukaan sebagai “aliran permukaan” yang bisa disebut sebagai “limpasan permukaan” (*surface run-off*). Air aliran permukaan bergerak ke berbagai arah dan menuju ke bagian-bagian muka bumi yang letaknya lebih rendah seperti parit-parit alam (*gullies*), sungai dan danau. Selama perjalanan yaitu, air melarutkan bahan-bahan penyusun tanah atau batuan permukaan bumi, air juga melakukan pekerjaan mengikis dan hasil pengikisan tersebut kemudian diendapkan di bagian-bagian muka bumi yang rendah dan datar (Nagle, 2003).

Hubungan antara airtanah dengan sungai, yaitu saling pengisian kembali. Airtanah, ada yang menerima dari rembesan sungai, dan ada pula yang sebaliknya, yaitu mengalir ke dalam sungai. Airtanah akan menerima dari sungai, apabila permukaan airtanah terletak lebih rendah dari dasar sungai. Sungai akan menerima airtanah apabila permukaan airtanah terletak lebih tinggi dari sungai. Hal ini yang merupakan penyebab sungai di hulu hanya berair sepanjang tahun meskipun tingginya (tinggi permukaan air sungainya) berbeda antara musim hujan (Sandy, 1985).

Bagian muka bumi yang ditentukan sebagai daerah-daerah rendah atau wilayah rendah atau “dataran rendah” adalah bagian dari muka bumi yang terletak kira-kira di antara 6-12 m dari muka laut. Biasanya daerah ini permukaannya datar, suhu rata-rata tahunan masih sekitar 26 °C. Bagiannya yang berlereng terjal biasanya tidak banyak atau lebih sering tidak ada. Tanahnya biasanya subur, kalau dibandingkan daerah sekitarnya. Tidak terganggu oleh banjir ataupun tanah longsor dan airtanahnya mudah dan baik (Sandy, 1985).

Wilayah endapan adalah bagian muka bumi yang rendah, hanya beberapa meter tingginya di atas muka laut. Bahkan ada bagian-bagian yang lebih rendah dari muka laut. Wilayah endapan merupakan wilayah muka bumi yang berada antara 0-6 m di atas muka laut. Wilayah endapan memiliki bentuk medan datar, hampir tidak berlereng sehingga air hampir tidak mengalir. Air mengalir pelan, menyebabkan daya angkutnya rendah, bahan-bahan endapan yang diangkut oleh air terpaksa diendapkan. Bentuk-bentuk muka bumi khas wilayah endapan seperti delta, tanggul sungai, tanggul pantai, beting dan gosong. Bentuk-bentuk endapan tanahnya organik dan di bawahnya selalu ada kandungan airtanah tawar. Pada wilayah endapan, kualitas airtanah yang baik umumnya hanya terdapat pada daerah dengan bentukan tanggul sungai dan tanggul pantai di luar wilayah tanggul tersebut airtanah biasanya payau.

2.3 Intrusi Air Laut

Intrusi air laut adalah masuk atau menyusupnya air laut ke dalam pori-pori batuan dan mencemari airtanah yang terkandung di dalamnya sehingga menyebabkan airtanah berubah menjadi air payau atau bahkan air asin (Putranto dan Kusuma, 2009). Dalam keadaan alami airtanah tawar mengalir ke lautan lewat akuifer-akuifer di daerah pantai yang berhubungan dengan lautan pada pantai yang menjorok ke laut. Tetapi karena meningkatnya kebutuhan akan air tawar, maka aliran airtanah tawar ke arah laut telah menurun, atau bahkan sebaliknya, air laut akan mengalir masuk ke dalam sumur-sumur di daratan, maka penyediaan air tawar menjadi tidak berguna, karena akuifer telah tercemar oleh air asin. Untuk membersihkan kembali memerlukan waktu bertahun-tahun. Usaha untuk

memindahkan air asin tersebut dari akuifer daratan adalah dengan menggunakan airtanah tawar yang tersedia guna membilas air asin tersebut. Pentingnya melindungi akuifer pantai dari ancaman seperti itu, memerlukan investigasi yang menekankan cara-cara untuk mencegah atau mengendalikan intrusi air laut (Soemarto, 1999).

Dalam keadaan statis, air tawar akan mengapung di atas air asin daerah pantai karena air asin mempunyai densitas lebih tinggi dari air tawar seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4. Hal ini memenuhi persamaan hidrostatis fluida dengan persamaan:

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

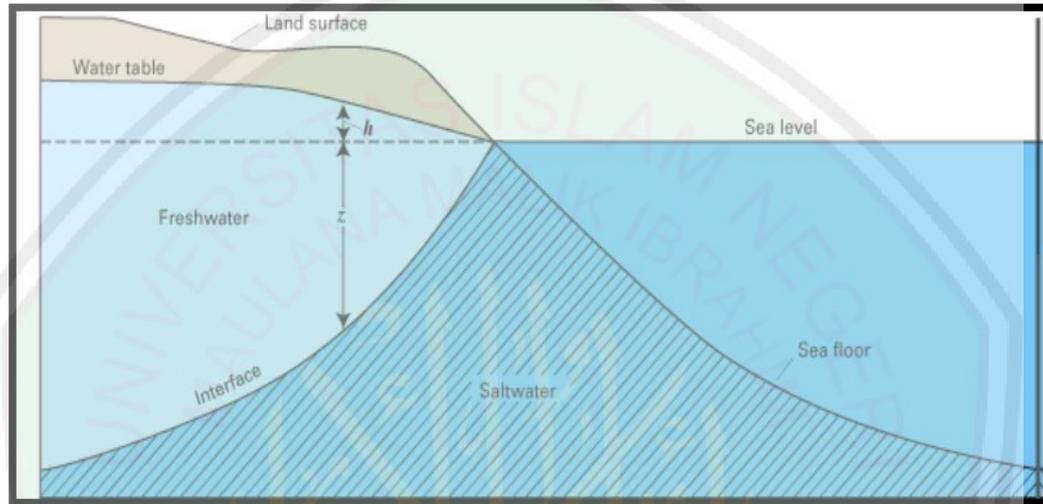
Dimana:

- ρ_f = densitas air tawar (gr/cm)
- ρ_s = densitas air asin (gr/cm)
- g = percepatan gravitasi (cm/s^2)
- z = kedalaman interface air tawar – air asin dari mean sea level
- h = ketinggian muka airtanah dari *mean sea level*

Kedalaman batas (*interface*) air tawar dan air asin adalah sekitar 40 kali ketinggian muka airtanah dari muka air laut. Kedalaman-kedalaman bidang temu ini tergantung pada kedudukan paras airtanah tawar yang dihitung dari muka laut (Salam, 2011).

Alma'ruf (1995) sebagaimana yang telah dikutip oleh Ema (2013), mengatakan bahwa apabila paras airtanah ini berkurang karena dipompa airnya,

maka akan mengakibatkan kedalaman bidang temu berkurang. Air tawar terdorong air asin, sehingga yang semula airnya tawar telah berubah menjadi air asin.



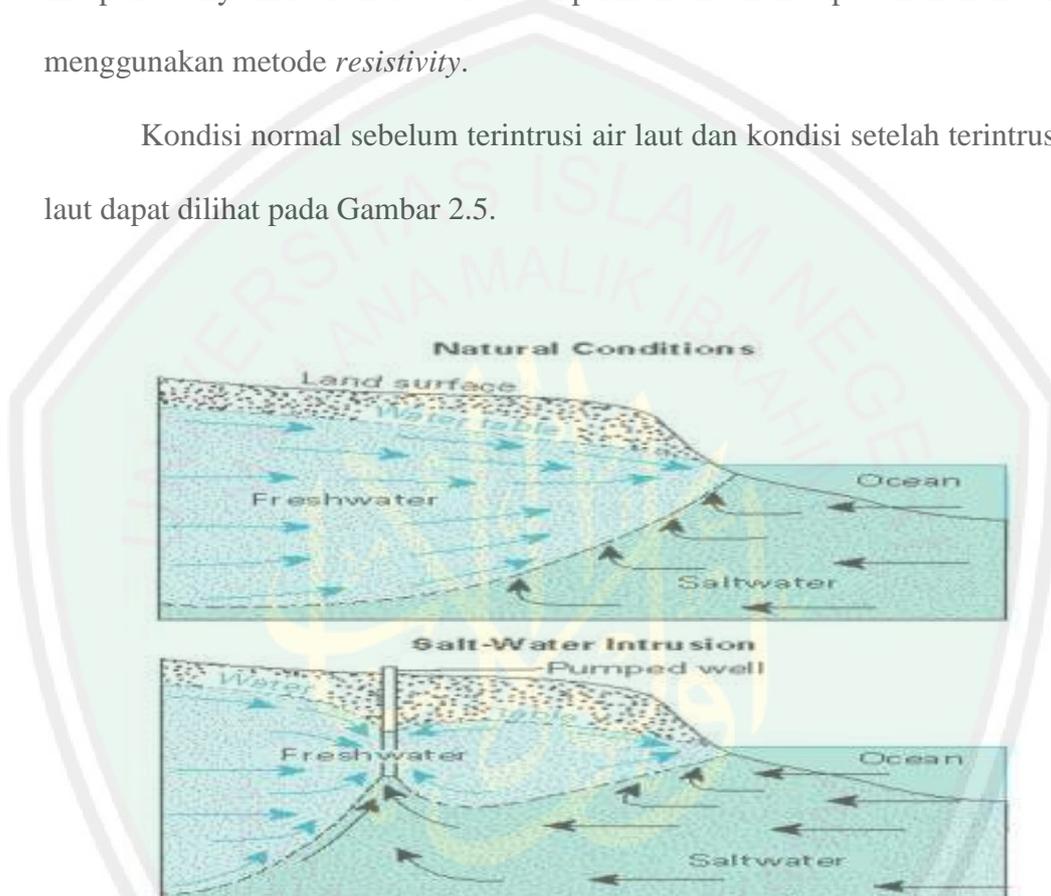
Gambar 2.4 Hubungan antara air tawar dengan air asin (Salam, 2011)

Intrusi air laut merupakan fenomena yang sering terjadi pada akuifer-akuifer pesisir. Secara umum, fenomena ini dapat terjadi ketika muka airtanah pada akuifer air tawar lebih rendah daripada permukaan laut rata-rata, sehingga air laut akan mendesak air tawar ke arah darat. Namun, jika muka airtanah masih lebih tinggi daripada permukaan laut rata-rata, maka air tawar akan mendesak ke laut (Supriyadi, 1991).

Pada kondisi normal air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab airtanah memiliki *piezometric* yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuklah *interface* sebagai batas antara airtanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan airtanah. Namun ketika air laut memiliki berat jenis yang lebih besar dari pada air tawar,

hal ini akan mengakibatkan air laut terus mendesak airtanah semakin masuk ke hulu sehingga terjadi intrusi air laut. Untuk mengetahui keberadaan airtanah maupun adanya intrusi air laut di bawah permukaan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan metode *resistivity*.

Kondisi normal sebelum terintrusi air laut dan kondisi setelah terintrusi air laut dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bagan pada saat Kondisi Normal dan Intrusi Air Laut (Supriyadi, 1991)

2.3.1 Intrusi Air Laut Menurut Perspektif al-Qur'an

Tidak dapat bersatunya airtanah dan air laut ini disebabkan adanya faktor tekanan dari dua jenis air yang berbeda. Sebelum para ahli keilmuan menemukan beberapa penyebab atas kejadian tidak dapat bersatunya antara air tawar dan air laut ini, sudah sejak dahulu Allah menjelaskannya di dalam surat ar-Rahman tentang lautan yang tidak dapat bercampur antara laut satu dan yang lain yaitu:

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ﴿١٩﴾ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَّا يَبْغِيَانِ ﴿٢٠﴾

“Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu (19), Antara keduanya ada batas yang tidak dilampai masing-masing (20)” [1443]. (QS. ar-Rahman: [55] 19-20)

[1443] Di antara ahli tafsir ada yang berpendapat bahwa *la yabghiyān* Maksudnya masing-masingnya tidak menghendaki. Dengan demikian maksud ayat 19-20 ialah bahwa ada dua laut yang keduanya tercerai karena dibatasi oleh tanah genting, tetapi tanah genting itu tidaklah dikehendaki (tidak diperlukan) Maka pada akhirnya, tanah genting itu dibuang (digali untuk keperluan lalu lintas) maka bertemulah dua lautan itu, seperti terusan Suez dan terusan Panama.

Terdapat gelombang besar, arus kuat, dan gelombang pasang di Laut Tengah dan Samudra Atlantik. Air laut tengah memasuki Samudra atlantik melalui selat Gibraltar. Namun suhu, kadar garam, dan kerapatan air laut di kedua tempat ini tidak berubah karena adanya penghalang yang memisahkan keduanya.

Sifat lautan yang saling bertemu, akan tetapi tidak bercampur satu sama lain ini telah ditemukan oleh para ahli kelautan baru-baru ini. Dikarenakan gaya fisika yang dinamakan “tegangan permukaan”, air dari laut yang bersebelahan tidak menyatu. Akibat adanya perbedaan masa jenis, tegangan permukaan mencegah lautan dari bercampur satu sama lain, seolah terdapat dinding tipis yang memisahkan mereka (Davis, 92-93).

2.4 Sifat Fisis Batuan

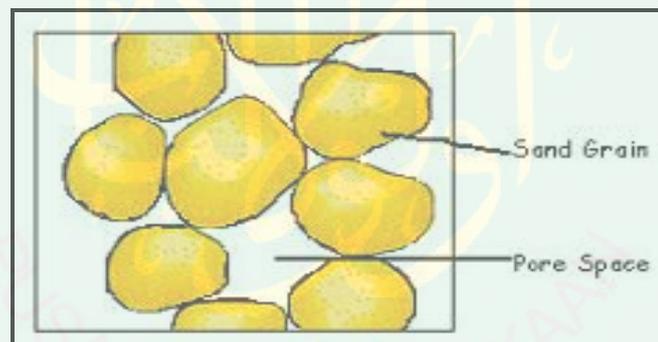
2.4.1 Densitas

Densitas adalah massa per satuan volume. Besar kecilnya densitas suatu material dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Harsono, 1997):

- a. Komposisi mineral dan kimianya
- b. Suhu
- c. Tekanan
- d. Porositas
- e. Material yang mengisi ruang pori

2.4.2 Porositass

Porositas adalah rasio ruang kosong pada batuan dengan total volume batuan, dan mencerminkan kapasitas penyimpanan fluida reservoir. Porositas dinyatakan sebagai persentase di log.

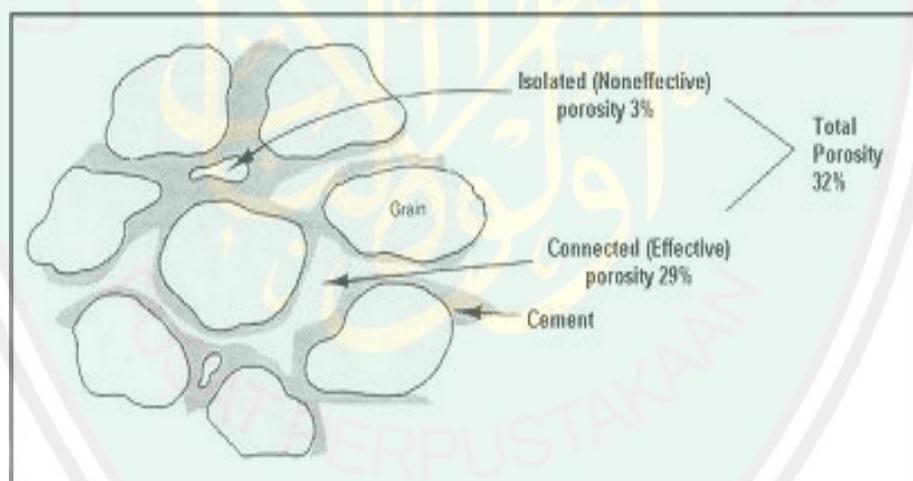


Gambar 2.6 Porositas batuan (Halliburton, 2001)

$$\text{Porosity } (\varphi) = \frac{\text{Volume ruang kosong}}{\text{Volume total batuan}} \quad (2.2)$$

1. *Primary Porosity* merupakan jumlah ruang pori-pori hadir dalam sedimen pada saat pengendapan, atau terbentuk selama sedimentasi. Ini biasanya merupakan fungsi dari jumlah ruang antara butir pembentuk batuan.
2. *Secondary Porosity* merupakan hasil porositas seperti dari tanah pembubaran, rekristalisasi dan rekahan.

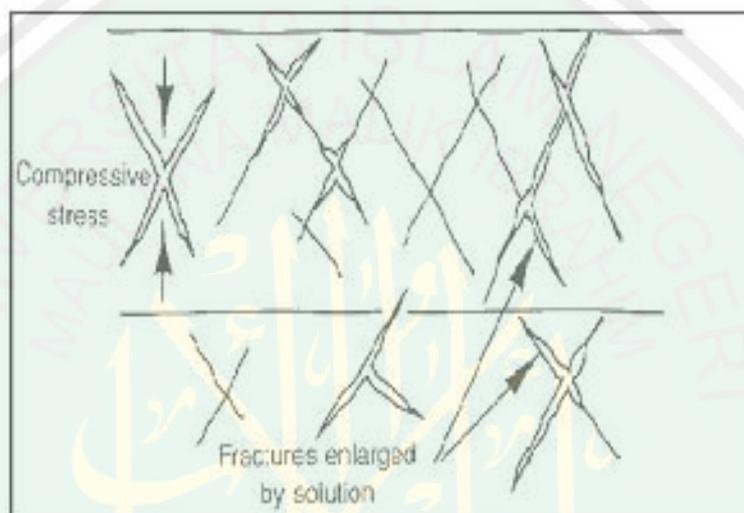
3. *Effective Porosity vs Total Porosity*. Porositas efektif adalah volume pori yang saling berhubungan yang tersedia bebas untuk fluida. Porositas total semua ruang kosong di batuan dan matriks apakah efektif atau tidak efektif.
4. *Maximum Porosity vs Realistic Porosity*. Porositas bisa mendekati sangat baik dalam *sand* yang dipadatkan, maksimum secara teoritis bisa mencapai 47,6 %. Dalam batuan pasir, nilai ini biasanya jauh lebih rendah karena sementasi dan kompaksi/pemadatan. Dalam karbonat, itu adalah mungkin untuk melampaui porositas maksimum teoritis. Hal ini dapat dicapai jika karbonat sangat retak bersama dengan *vuggy* (Halliburton, 2001).



Gambar 2.7 Porositas total (Peters, tanpa tahun)

4. *Fracture porosity* merupakan hasil dari kehadiran bukaan yang dihasilkan oleh pemecahan atau pecahan batuan. Semua jenis batuan dipengaruhi oleh *fracturing* dan komposisi batuan akan menentukan seberapa rapuh batuan dan berapa banyaknya *fracturing* yang akan terjadi. Dua tipe dasar *fractures* meliputi *fractures* tektonik terkait alam dan *fractures* hidrolik. Hidrolik *fracturing* adalah metode untuk mendorong produksi dengan

menginduksi retakan dan rekahan dalam formasi dengan menginjeksi fluida ke dalam batuan reservoir pada tekanan yang melebihi kekuatan batuan. Rekahan hidrolik dapat meningkatkan porositas efektif dan permeabilitas formasi.



Gambar 2.8 *Fracture* batuan (Peters, tanpa tahun)

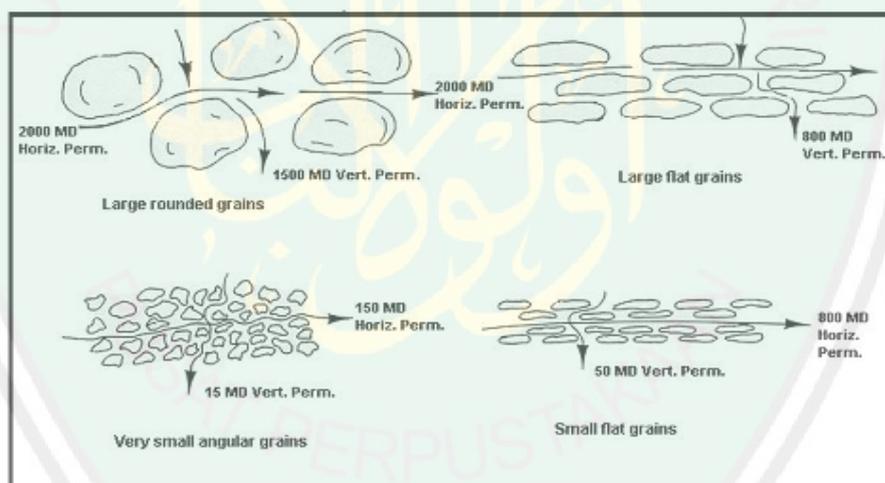
2.4.3 Permeabilitas

Permeabilitas adalah ukuran kemudahan formasi yang memungkinkan fluida mengalir melaluinya. Untuk menjadi permeabel, formasi harus memiliki porositas yang saling berhubungan. Contoh beberapa variasi dalam permeabilitas dan porositas (Halliburton, 2001):

1. Beberapa batupasir halus dapat memiliki sejumlah besar porositas saling berhubungan. Oleh karena itu, permeabilitas formasi *fine-grained* tersebut mungkin cukup rendah.
2. Serpih dan *clays* yang mengandung partikel sangat halus yang sering menunjukkan porositas yang sangat tinggi. Namun, karena pori-pori dalam

formasi ini sangat kecil, sebagian besar serpih dan *clays* menunjukkan hampir tidak ada permeabilitas.

3. Beberapa batu gamping mungkin berisi sedikit porositas, atau terisolasi rongga porositas yang tidak saling berhubungan. Jenis formasi akan menunjukkan sangat sedikit permeabilitas. Namun, jika formasi secara *fractures* alami (ataubahkan hidrolik fraktur), permeabilitas akan lebih tinggi karena pori-pori terisolasi saling berhubungan dengan *fractures*.
4. Porositas tidak tergantung pada ukuran butir
5. Permeabilitas tergantung pada ukuran butir



Gambar 2.9 Permeabilitas dan ukuran butir (Halliburton, 2001)

2.5 Konsep Teori Geolistrik

Metode Geolistrik merupakan salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Umumnya, metode resistivitas ini hanya baik untuk eksplorasi dangkal, yaitu sekitar 100 m. Jika kedalaman lapisan lebih dari harga tersebut, informasi yang

diperoleh kurang akurat, hal ini disebabkan karena melemahnya arus listrik untuk jarak bentang yang semakin besar.

Metode pengamatan geofisika pada dasarnya adalah mengamati gejala-gejala gangguan yang terjadi pada keadaan normal. Gangguan ini dapat bersifat statik dapat juga bersifat dinamik, yaitu gangguan yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Pada metode ini, arus listrik dialirkan ke dalam lapisan bumi melalui dua buah elektroda arus. Dengan diketahuinya harga arus dan potensialnya maka bisa ditentukan nilai resistivitasnya. Berdasarkan nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan bumi, dapat diketahui jenis material pada lapisan tersebut (Telford, 1990).

Berdasarkan teknik pengukuran geolistrik, dikenal dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas *mapping* dan *sounding (drilling)*. Metode geolistrik resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektroda yang tetap untuk semua titik *sounding* (titik amat) di permukaan bumi.

Metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal. Pada metode ini, pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan jalan mengubah-ubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi. Pada pengukuran di lapangan, pembesaran

jarak elektroda dapat dilakukan jika menggunakan alat geolistrik yang memadai. Dalam hal ini alat tersebut harus dapat menghasilkan arus yang besar atau arus yang cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil di dalam bumi. Oleh karena itu, alat geolistrik yang baik adalah alat yang dapat menghasilkan arus listrik cukup besar dan mempunyai sensitivitas tinggi (Reynolds, 1997).

Harga tahanan (resistivitas) jenis batuan tergantung macam-macam materialnya, densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, kandungan air, dan suhu, dengan demikian tidak ada kepastian harga tahanan jenis untuk setiap macam batuan pada akuifer yang terdiri atas material lepas mempunyai harga tahanan jenis yang berkurang apabila makin besar kandungan airtanahnya atau makin besar kandungan garamnya (misal air asin). Mineral lempung bersifat menghantarkan arus listrik sehingga harga tahanan jenis akan kecil. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Resistivitas dari batuan dan bijih mineral (ohm-m) (Milson,2003).

No.	Resistivity of Common rocks	
1	Topsoil	50-100
2	Loose sand	500-5000
3	Gravel	100-600
4	Clay	1-100
5	Weathered bedrock	100-1000
6	Sandstone	200-8000
7	Limestone	500-10.000
8	Greenstone	500-200.000
9	Gabbro	100-500.000
10	Granite	200-100.000
11	Basalt	200-100.000
12	Graphitic schist	10-500
13	Slates	500-500.000
14	Quartzite	500-800.000
15	Pyrite (ores)	0.01-11

16	Pyrrhotite	0.001-0.01
17	Chalcopyrite	0.005-0.1
18	Galena	0.001-100
19	Sphalerite	1000-1.000.000
20	Magnetite	0.01-1000
21	Cassiterite	0.001-10.000
22	Hematite	0.01-1.000.000

2.6 Sifat Listrik Batuan

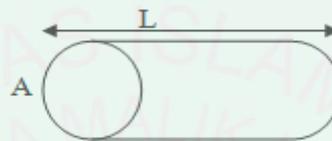
Resistivitas adalah karakteristik batuan yang menunjukkan kemampuan batuan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu batuan maka semakin sulit batuan tersebut menghantarkan arus listrik. Begitu pula sebaliknya apabila nilai resistivitasnya rendah maka akan semakin mudah batuan tersebut menghantarkan arus listrik. Resistivitas (hambatan jenis) mempunyai pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan), dimana resistansi tidak hanya tergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Sedangkan resistivitas tidak bergantung pada faktor geometri (Lowrie, 2007).

2.6.1 Konduksi Secara Elektronik

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut. Aliran listrik ini juga dipengaruhi oleh sifat atau karakteristik masing-masing batuan yang dilewatinya. Salah satu sifat atau karakteristik batuan tersebut adalah resistivitas (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai

resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya.

Jika ditinjau sebuah silinder dengan panjang L , luas penampang A dan resistansi R seperti gambar 2.10:



Gambar 2.10 Silinder konduktor (Lowrie, 2007)

maka dapat dirumuskan:

$$R = \rho L/A \quad (2.3)$$

dimana ρ adalah resistivitas (Ωm), L adalah panjang silinder konduktor (m), A adalah luas penampang silinder konduktor (m^2), dan R adalah resistansi (Ω).

Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi R dirumuskan:

$$R = V/I \quad (2.4)$$

dimana R adalah resistansi (ohm), V adalah beda potensial (volt), I adalah kuat arus (ampere). Dari kedua rumus tersebut didapatkan nilai resistivitas (ρ) sebesar:

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

Banyak orang sering menggunakan sifat konduktivitas (σ) batuan yang merupakan kebalikan dari resistivitas (ρ) dengan satuan ohm/m.

$$\sigma = 1/\rho = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right)\left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \quad (2.6)$$

dimana J adalah rapat arus (ampere/m²) dan E adalah medan listrik (volt/m) (Lowrie, 2007).

2.6.2 Konduksi Secara Elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Namun pada kenyataannya batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Akibatnya batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, dimana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang. Menurut rumus Archie:

$$\rho_e = a \phi^{-m} S^{-n} \rho_w \quad (2.7)$$

dimana ρ_e adalah resistivitas batuan, $a\phi$ adalah porositas, S adalah fraksi pori-pori yang berisi air dan ρ_w adalah resistivitas air. Sedangkan a , m dan n adalah konstanta, dimana nilai m disebut faktor sementasi. Untuk nilai n yang sama, Schlumberger menyarankan $n = 2$ (Lowrie, 2007).

2.6.3 Konduksi Secara Dielektrik

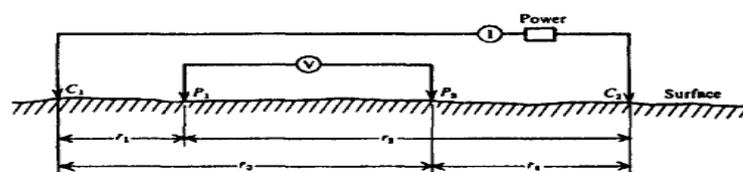
Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran arus listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Elektron dalam batuan berpindah dan berkumpul terpisah dalam inti karena adanya pengaruh medan listrik di luar, sehingga terjadi polarisasi (Lowrie, 2007).

2.7 Konduktivitas Listrik

Menurut Syekhfani (2014) dalam Agustina (2014), konduktivitas listrik digunakan untuk mengetahui kadar garam yang ada dalam tanah. Konduktivitas listrik adalah fenomena aliran listrik berasal dari muatan partikel (ion, koloid) yang membentuk kekuatan medan listrik. Komponen padatan dan cairan tanah, yang terdiri dari senyawa dan unsur mengandung ion (kation, anion) bermuatan positif (+) dan negatif (-), saat terjadi aliran listrik dari + ke - melalui media cair, akan muncul daya medan listrik yang berpengaruh terhadap mobilitas ion/koloid .

2.8 Aliran Listrik di Dalam Bumi

Saat memasukkan dua titik arus pada elektroda seperti pada gambar di bawah ini, potensial yang dekat pada titik permukaan akan dipengaruhi oleh kedua arus elektroda tersebut.



Gambar 2.11 Sumber Arus Dua Titik pada Permukaan Homogen Isotropis (Telford, 1990)

Potensial yang disebabkan C_1 pada P_1 adalah:

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \text{ dimana } A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (2.7)$$

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \text{ dimana } A_2 = -\frac{I\rho}{2\pi} = -A_1 \quad (2.8)$$

(karena arus pada dua elektroda sama dan berlawanan arah) maka diperoleh:

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.9)$$

Perbedaan potensial antara P_1 dan P_2 adalah:

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.10)$$

Dengan ΔV : beda potensial P_1 dan P_2

I : arus (A)

P : resistivitas (Ωm)

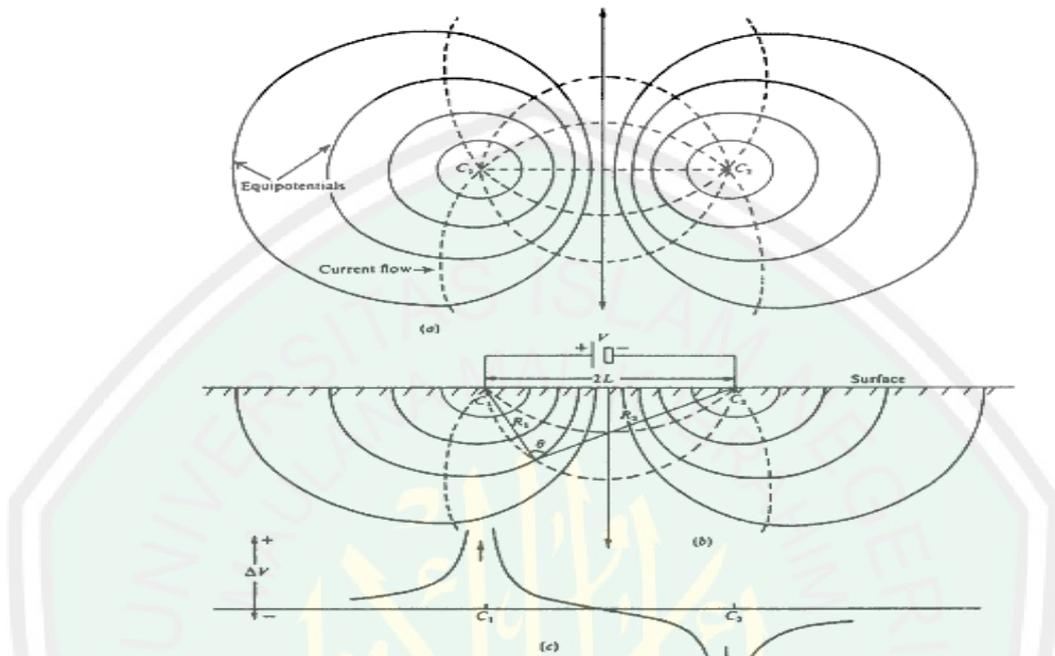
r_1 : jarak C_1 ke P_1 (m)

r_2 : jarak C_2 ke P_1 (m)

r_3 : jarak C_1 ke P_2 (m)

r_4 : jarak C_2 ke P_2 (m)

Susunan keempat elektroda tersebut merupakan susunan elektroda yang biasanya dalam metode geolistrik resistivitas. Pada konfigurasi ini garis-garis aliran arus dan ekuipotensial diubah oleh dekatnya kedua elektroda arus. Perubahan dari garis-garis ekuipotensial yang melingkar lebih jelas pada daerah antara dua elektroda arus sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.12 (Reynolds, 2005)



Gambar 2.12 Perubahan Bentuk pada Bidang *Equipotensial* dan Garis Aliran Arus untuk Dua Titik Sumber Arus pada Permukaan Tanah Homogen (Telford, 1990)

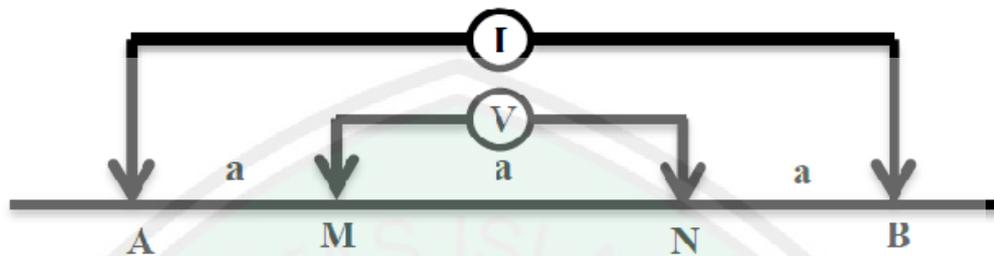
2.9 Konfigurasi Wenner

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

Konfigurasi Wenner cukup populer dipergunakan dalam pengambilan data geolistrik, baik 1D atau VES (*Vertical Electrical Sounding*) maupun *mapping* 2D atau ERT (*Electrical Resistivity Tomography*). Dalam konfigurasi Wenner, jarak $r1 = r2 = r3 = r4 = a$. Nilai tahanan jenis semu didapat dengan faktor geometri (K) yaitu (Milsom, 2003):

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (2.11)$$

Adapun skema gambar konfigurasi Wenner adalah:



Gambar 2.13 Konfigurasi Wenner (Milsom, 2003)

Dalam konfigurasi seperti pada Gambar 2.8 $AM = MN = NB = a$, maka faktor geometri Konfigurasi Wenner adalah sebagai berikut:

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

$$K_w = 2\pi a \quad (2.12)$$

Sedangkan tahanan jenis (resistivitas) pada konfigurasi Wenner adalah

$$\rho_w = K_w \frac{\Delta V}{I} \quad (2.13)$$

Dimana:

$$K_w = 2\pi a$$

dengan:

ρ_w = Resistivitas semu

K_w = Faktor geometri

a = Jarak elektroda

V = Besarnya tegangan

I = Besarnya arus

Pengukuran geolistrik dapat dilakukan dengan tujuan berbeda yaitu pengukuran untuk *mapping* dan *sounding*. Tujuan *mapping* adalah untuk mengetahui informasi variasi resistivitas secara lateral sehingga teknik *mapping* dilakukan dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu dengan jarak antar elektroda tetap, seluruh susunan elektroda dipindah mengikuti lintasan. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Dipole. Sedangkan tujuan *sounding* adalah untuk memperkirakan variasi resistivitas sebagai fungsi dari kedalaman pada suatu titik pengukuran. Mengingat jarak antar elektroda menentukan kedalaman titik pengukuran, maka pengukuran dilakukan dengan jarak antar elektroda bervariasi. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Schlumberger. Salah satu keuntungan dari konfigurasi Wenner yaitu selain dapat digunakan untuk pengukuran *mapping* dan *sounding* (Hariyanto, 2011).

Pengambilan data geolistrik yang ideal dilakukan pada permukaan tanah yang memiliki topografi landai, namun pada kenyataan dilapangan topografi bervariasi. Maka dari itu kemiringan permukaan tanah dapat diabaikan jika kemiringan $< 15^\circ$ (Milsom, 2003).

2.9.1 Wenner Alpha

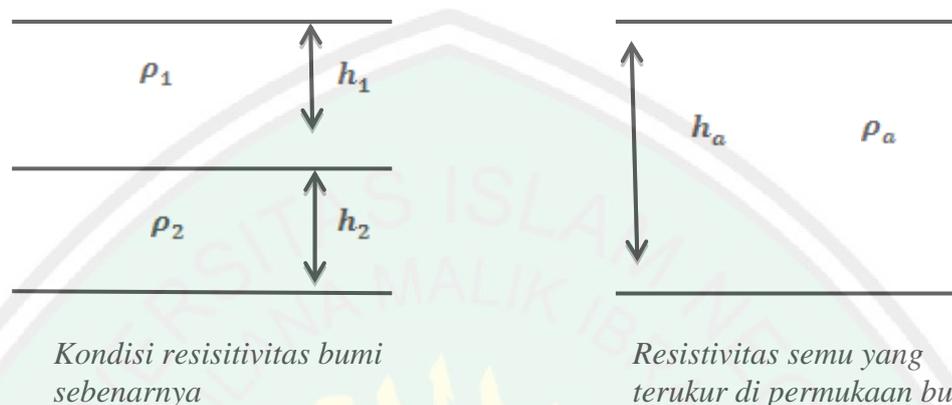
Wenner Alpha memiliki konfigurasi elektroda potensial yang berada diantara elektroda arus yang tersusun dari C_1 - P_1 - P_2 - C_2 . Jarak elektroda yang satu dengan yang lainnya sama dengan a . Faktor geometri konfigurasi ini adalah $K = 2\pi a$. Keuntungan dan keterbasan konfigurasi Wenner Alpha adalah (Loke, 2004):

1. Konfigurasi elektroda Wenner Alpha sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal tersebut terjadi karena anomali geologi diamati oleh elektroda C_1 dan P_1 berkali-kali. Namun demikian untuk jarak C-P yang lebih pendek, daya tembus (penetrasi) lebih besar, sehingga berlaku untuk eksplorasi resistivitas dalam.
2. Karena bidang equipotensial untuk benda homogen berupa bola, maka data-data lebih mudah diproses dan dimengerti. Disamping itu nilai *error* kecil.
3. Karena sensitif terhadap perubahan-perubahan ke arah lateral di permukaan, konfigurasi ini banyak digunakan untuk penyelidikan geotermal.

2.10 Konsep Resistivitas Semu

Dalam pengukuran, nilai potensial yang diperoleh adalah nilai potensial untuk medium yang berlapis. Faktanya bumi terdiri dari beberapa lapisan dengan nilai resistivitas ρ yang berbeda-beda, namun apabila mengasumsikan bumi sebagai medium yang mempunyai sifat *homogeny isotropic* maka bumi dianggap terdiri dari lapisan yang sama (homogen) seperti pada gambar 2.14 sehingga nilai resistivitas yang terukur dipermukaan bumi bukanlah nilai resistivitas yang sebenarnya melainkan nilai resistivitas semu. Resistivitas semu yang terukur

merupakan resistivitas gabungan dari beberapa lapisan tanah yang dianggap sebagai satu lapisan homogen (Rina, 2006).



Gambar 2.14 Konsep Resistivitas Semu dalam Lapisan tanah (Haryanto, 2011)

Misalkan dalam medium terdiri dari dua lapisan dan mempunyai resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2), namun dalam pengukuran, medium ini dianggap hanya terdiri dari satu lapisan homogen yang memiliki satu nilai resistivitas yaitu resistivitas semu ρ_a . Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Konduktansi lapisan fiktif ini sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan, yaitu $\sigma_a = \sigma_1 + \sigma_2$ (Haryanto, 2011).

Beberapa hal yang mempengaruhi nilai resistivitas semu adalah sebagai berikut (Prasetyawati, 2004):

1. Ukuran butir penyusun batuan, semakin kecil besar butir maka kelolosan arus akan semakin baik, sehingga mereduksi nilai tahanan jenis.
2. Komposisi mineral dari batuan, semakin meningkat kandungan mineral akan mengakibatkan menurunnya nilai resistivitas.

3. Kandungan air, airtanah atau air permukaan merupakan media yang mereduksi nilai tahanan jenis.
4. Kelarutan garam dalam air di dalam batuan akan mengakibatkan meningkatnya kandungan ion dalam air sehingga berfungsi sebagai konduktor.
5. Kepadatan, semakin padat batuan akan meningkatkan nilai resistivitas.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 3 Oktober 2016. Tempat penelitian terletak pada jarak 7 Km dari pesisir pantai Selatan Banyuwangi, tepatnya di Desa Sumberasri, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi yang terletak pada titik koordinat $114^{\circ}15'42.9''$ Bujur Timur dan $08^{\circ}32'29,4''$ Lintang Selatan. Pengolahan data bertempat di Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian (Google earth, 2016)

3.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data di lapangan menggunakan metode geolistrik yaitu:

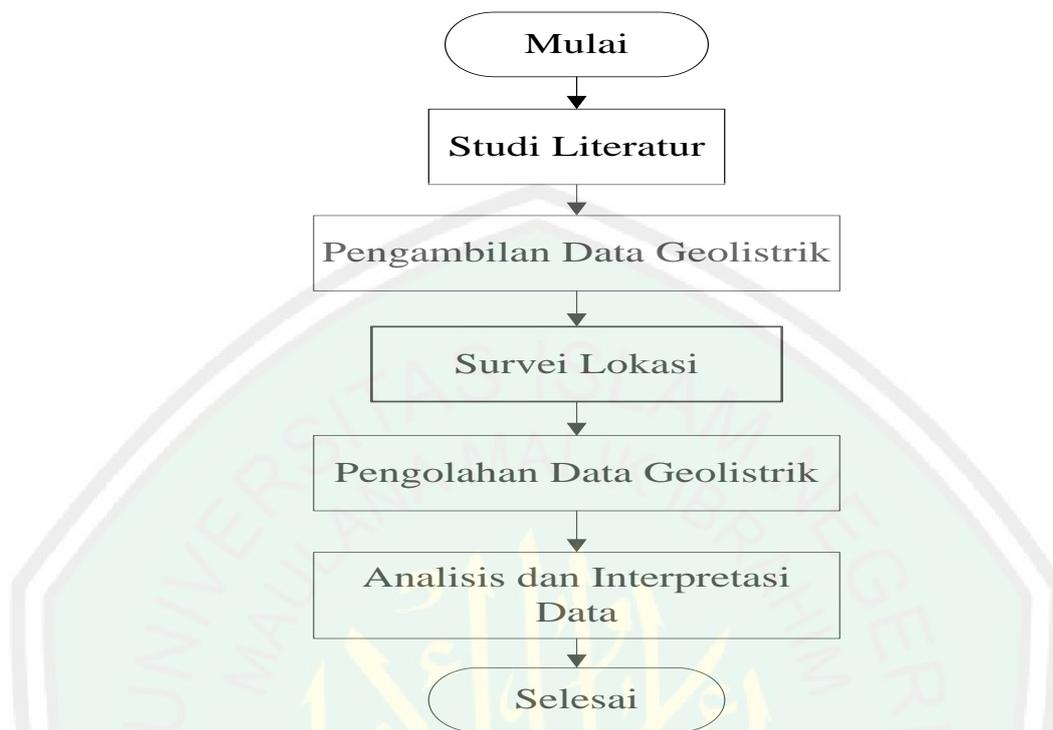
1. *Resistivity M* merk OYO McOHM
2. Elektroda Arus dan Potensial (@2 unit)
3. Kabel Arus dan Potensial (@2 unit)
4. Accu kering (26 Ampere/12 Volt)
5. Palu (4 Buah)
6. GPS *GarminCSX 60*, sebagai alat penentu posisi lintang, bujur dan ketinggian dari setiap titik ukur
7. Rol m, sebagai alat pengukur jarak
8. Kamera, sebagai alat pengambilan dokumentasi
9. Peta geologi dan topografi daerah penelitian
10. Seperangkat laptop
11. Software MS. Excel
12. Software *Res2Dinv (2D Mapping)*
13. Software CorelDRAW X8

3.3 Akuisisi Data

Sebelum melakukan pengambilan data di lapangan terlebih dahulu dilakukan survei lokasi dan mengumpulkan referensi tentang daerah penelitian baik secara informasi geologi maupun topografi.

Pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi Wenner. Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan mengukur besar arus injeksi beda potensial dan resistansi pada setiap titik datum di atas permukaan tanah.

Desain penelitian dapat dijelaskan pada diagram berikut:

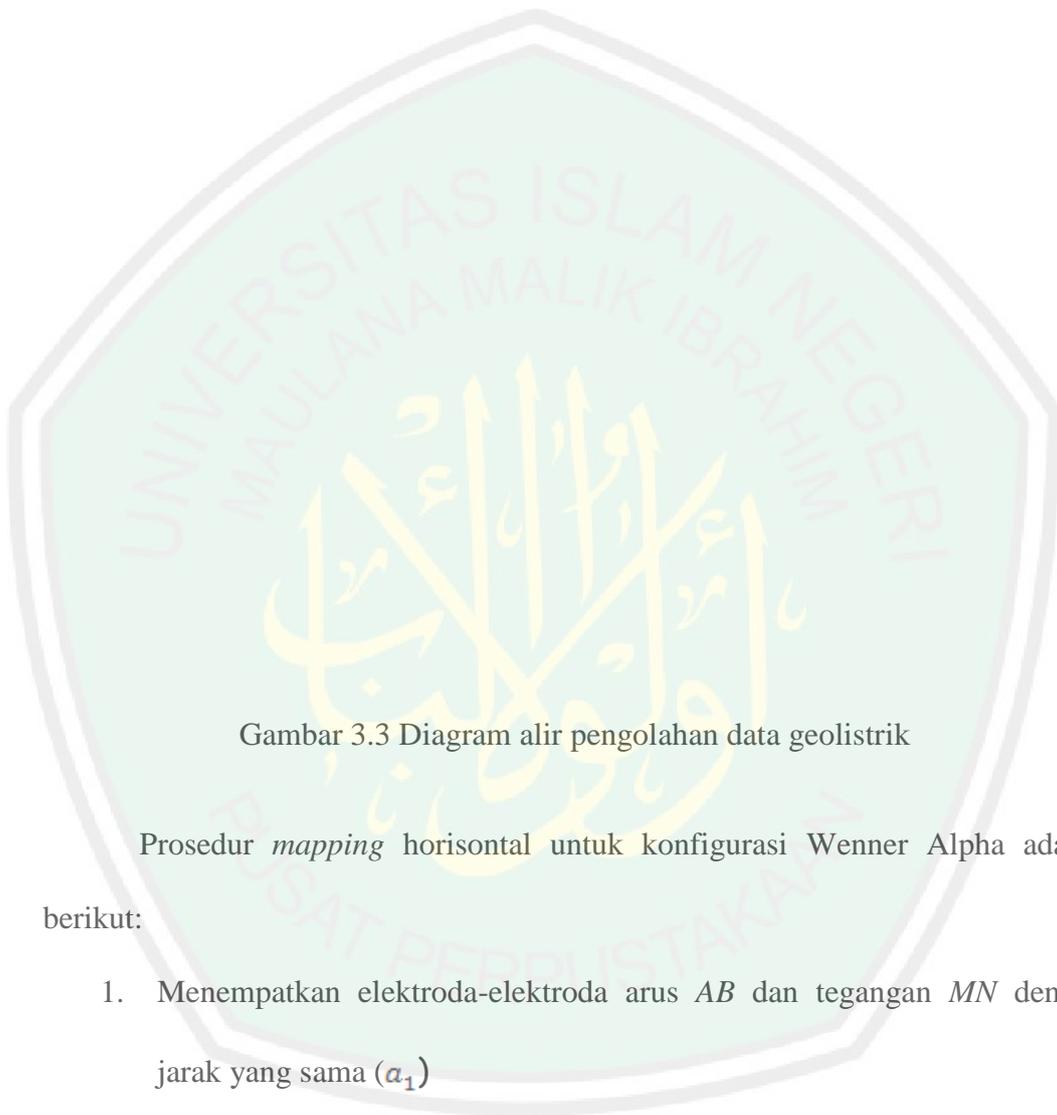


Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Proses Pengambilan data *mapping*

Pengambilan data geolistrik tahanan jenis dilakukan dengan mengukur tahanan jenis batuan. Penyelidikan yang digunakan adalah jenis *mapping*. Pengambilan data *mapping* menggunakan konfigurasi Wenner Alpha dengan tiap spasi tertentu pada panjang tiap lintasan target

Proses pengambilan data *mapping* horisontal tersebar di area sumur yang memiliki kualitas air asin dan air tawar. Bentuk penelitian geolistrik tahanan jenis ini mengikuti diagram alir yang ditunjukkan gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data geolistrik

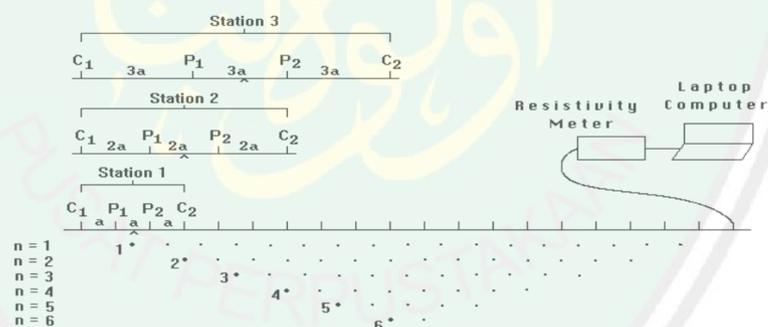
Prosedur *mapping* horisontal untuk konfigurasi Wenner Alpha adalah berikut:

1. Menempatkan elektroda-elektroda arus AB dan tegangan MN dengan jarak yang sama (a_1)
2. Kemudian dicatat posisi koordinat *datum point* serta ketinggian.
3. Selanjutnya dicatat kuat arus listrik (I), beda potensial (ΔV), dan nilai resistansi (R) yang terukur pada alat *resistivity m* .

4. Dipindah elektroda pada jarak ke 2 dengan jarak antar elektroda sebesar a_2 . Mencatat kuat arus listrik dan nilai hambatan yang terukur. Arah bentangan antara A, N, M dan B berada pada satu lintasan lurus.
5. Lalu berpindah titik datum point berikutnya dan dilakukan sesuai urutan prosedur 1-4. Posisi titik datum tampak pada gambar 3.4.

Data yang diambil berupa data primer, yaitu:

1. Jarak antar elektroda (jarak elektroda AB dan MN)
2. Jarak antar titik *mapping* horizontal
3. Besar arus yang diinjeksikan (I)
4. Beda potensial yang terjadi (ΔV)
5. Nilai hambatan (R)



Gambar 3.4 Skema Pengambilan Data *Mapping* (Milsom, 2003).

3.3.2 Prosesing Data

Data geolistrik *mapping* yang telah diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Excel2010* dan *Res2Dinv* hingga nilai eror sekecil mungkin (kurang dari 100 %) untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan secara lateral sehingga dapat memberikan gambaran dua dimensi sebaran nilai resistivitas pada titik-titik pengukuran yang menjadi target survei.

3.3.3 Interpretasi Data

Analisa dan Interpretasi data geolistrik dilakukan berdasarkan interpretasi *mapping* dua dimensi. Analisa dan interpretasi data dua dimensi (2D) *mapping* memberikan gambaran sebaran nilai resistivitas kearah lateral di area sumur yang diduga terjadi intrusi air laut. Agar interpretasi dan analisa data geolistrik tidak bias maka diperlukan data pendukung lainnya seperti data geologi, topografi dan lainnya.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai. Dengan pengertian lain, yaitu proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air asin atau air laut di dalam akuifer pada daerah pantai.

Metode geofisika yang tepat digunakan untuk mengidentifikasi masalah intrusi air asin atau intrusi air laut adalah metode geolistrik resistivitas. Penelitian dilakukan dengan mengambil 4 line dengan panjang setiap line 160 m. 2 line berada di daerah dengan kualitas airtanah asin (A) dan 2 line diambil di daerah dengan kualitas airtanah tawar (B).

Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Wenner Alpha dengan posisi elektroda arus (C) dan elektroda potensial (P) berurutan C1 P1 P2 C2, dengan spasi setiap elektroda adalah 10 m dan pergeseran 10 m. Dengan metode geolistrik resistivitas ini akan diperoleh penampang 2D dan 3D dan hasil penampang ini akan memperlihatkan nilai resistivitas batuan di bawah permukaan tanah. Data resistivitas yang diperoleh nantinya akan digunakan untuk tahap interpretasi dengan dihubungkan dengan data geologi. Tahap interpretasi ini dilakukan karena hasil penelitian hanya memberikan informasi berdasarkan nilai fisis berupa nilai resistivitas saja.

4.1 Akuisisi Data

Pengambilan data real dilapangan berupa titik koordinat, datum point, beda potensial (ΔV), arus injeksi (I), resistansi (R) dan spasi elektroda (a).

Pengukuran koordinat posisi dilakukan pada titik titik pengambilan data pada setiap line menggunakan GPS Garmin N76. Titik-titik yang dicari adalah 4 lintasan lurus *mapping* sepanjang 160 m setiap lintasannya. Posisi titik koordinat setiap lintasan adalah sebagai berikut:

1. Line 1 *Mapping* Lokasi A: membentang dari arah barat ke timur dari titik koordinat *datum point* pertama $08^{\circ}32'27.7''$ LS dan $114^{\circ}15'42.3''$ BT ke *datum point* terakhir $08^{\circ}32'25.5''$ LS dan $114^{\circ}15'41.0''$ BT
2. Line 2 *Mapping* Lokasi A: membentang dari arah utara ke selatan dari titik koordinat *datum point* pertama $08^{\circ}32'29.6''$ LS dan $114^{\circ}15'46.4''$ BT ke *datum point* terakhir $08^{\circ}32'29.5''$ LS dan $114^{\circ}15'41.0''$ BT
3. Line 3 *Mapping* Lokasi B: membentang dari arah timur ke barat dari titik koordinat *datum point* pertama $08^{\circ}32'29.4''$ LS dan $114^{\circ}15'42.9''$ BT ke *datum point* terakhir $08^{\circ}32'29.0''$ LS dan $114^{\circ}15'37.9''$ BT
4. Line 4 *Mapping* Lokasi B: membentang dari arah utara ke selatan dari titik koordinat *datum point* pertama $08^{\circ}32'27.8''$ LS dan $114^{\circ}15'40.8''$ BT ke *datum point* terakhir $08^{\circ}32'33.1''$ LS dan $114^{\circ}15'40.9''$ BT.

4.2 Pengolahan Data

Proses pengolahan data resistivitas *mapping* dilakukan untuk memperoleh sebaran akuifer dan mengetahui sebaran dan kedalaman terjadinya intrusi air laut di daerah penelitian.

Metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung

pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur seolah-olah merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja. Resistivitas yang terukur sebenarnya adalah resistivitas semu (ρ_{α}) (Reynold, 2005).

Nilai resistivitas semu dapat diperoleh dari perhitungan di lapangan dengan mengetahui nilai R (resistansi). Nilai resistansi yang terukur bukan nilai untuk satu lapisan saja, akan tetapi untuk beberapa lapisan sehingga nilai resistansi sangat bervariasi. Hal ini disebabkan nilai resistansi pada tiap titik pengukuran yang diperoleh dikarenakan potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan-lapisan di dalam bumi. Lapisan-lapisan dalam bumi tersusun atas berbagai macam jenis batuan yang memiliki variasi nilai konduktivitas yang berbeda-beda, dimana nilai konduktivitas berbanding terbalik dengan nilai resistivitasnya. Semakin besar nilai konduktivitas maka akan semakin kecil nilai resistivitasnya begitupun sebaliknya. Begitu halnya dengan semakin besarnya nilai resistivitas maka semakin sulit suatu batuan dalam menghantarkan listrik.

4.2.1 Model Penampang 2D

Data dari 4 (empat) lintasan *mapping* selanjutnya dihitung nilai resistivitas semunya dengan mengalikan faktor geometri dari konfigurasi Wenner Alpha ($K=2\pi a$) dengan nilai resistansi hasil pengukuran di lapangan pada setiap titik datum point.

Pada alat yang digunakan untuk pengambilan data di lapangan, diperoleh data berupa nilai resistansi (R) dan nilai arus (I). sehingga dari data tersebut kita dapat menghitung nilai resistivitas semu. Setelah diketahui nilai resistivitas semu

baru kita dapat mengolah data tersebut pada software *Res2dinv*. Hasil dari pengolahan software *Res2dinv* berupa model penampang bawah permukaan yang dihasilkan dari inverse data nilai resistivitas dan memiliki nilai eror (dalam bentuk prosentasi). Nilai eror yang dihasilkan dari data yang diolah bisa jadi karena adanya nilai ekstrim dari data yang diperoleh sebab kondisi lingkungan dan alam, bisa juga dikarenakan adanya kesalahan pembacaan data pada saat penelitian.

4.2.2 Metode Geolistrik Resistivitas *Mapping* dengan Konfigurasi Wenner Alpha

Pengambilan data *Mapping* menggunakan konfigurasi Wenner Alpha ini terdiri dari 4 lintasan dengan panjang masing-masing 160 m, dengan panjang bentangan spasi antar elektroda sebagai berikut:

1. n1: Panjang spasi antar elektroda adalah 10 m dan diperoleh *datum point* sejumlah 14 ($n1 = 14$).
2. n2: Panjang spasi antar elektroda adalah 20 m dan diperoleh *datum point* sejumlah 11 ($n2 = 11$).
3. n3: Panjang spasi antar elektroda adalah 30 m dan diperoleh *datum point* sejumlah 8 ($n3 = 8$).
4. n4: Panjang spasi antar elektroda adalah 40 m dan diperoleh *datum point* sejumlah 5 ($n4 = 5$).
5. n5: Panjang spasi antar elektroda adalah 50 m dan diperoleh *datum point* sejumlah 2 ($n5 = 2$).

Jumlah data yang diperoleh pada satu lintasan adalah 40 *datum point*.

4.3 Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan menginput data nilai *apperent resistivity* (resistivitas semu), datum point dan spasi elektroda yang akan di modelkan dengan cara inversi untuk mendapatkan model dua dimensi berupa penampang resistivitas nyata dan kedalaman.

Pada tahap interpretasi data diperlukan juga penggabungan dan pemahaman data geologi untuk mendapatkan jenis batuan bawah permukaan bumi yang paling memungkinkan.

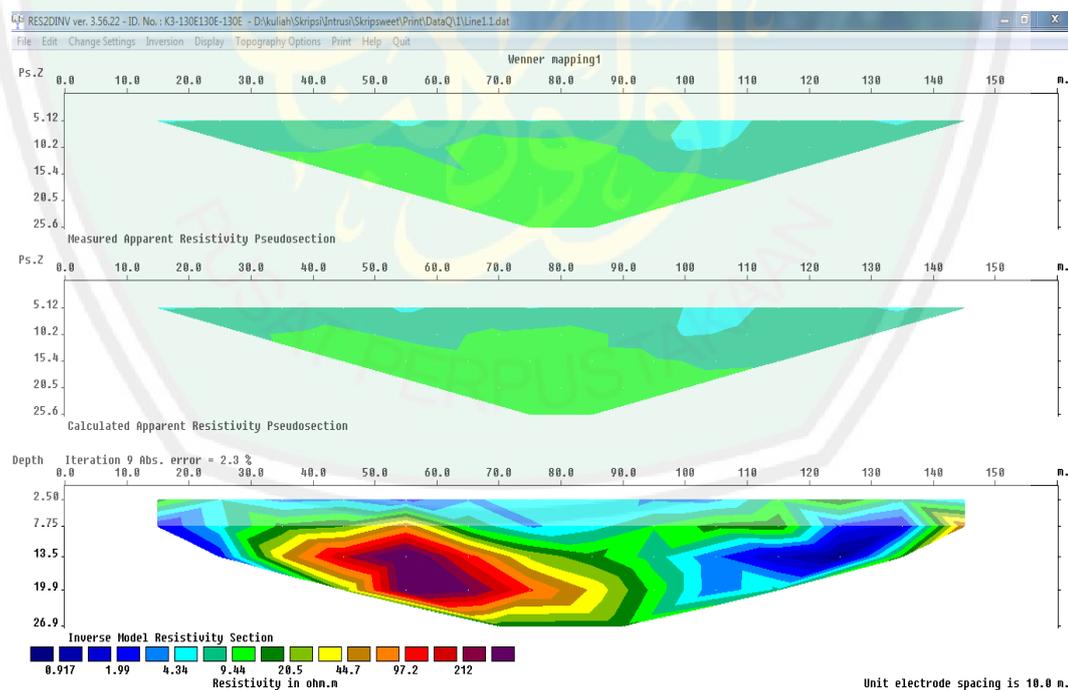
Dalam pengukuran lapangan dengan menggunakan metode *resistivity* sangat dipengaruhi oleh teknik pengukuran data (pengukuran, dan metode yang digunakan), pengolahan data dan kualitas data lapangan. Interpretasi dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap 1 (satu) dilakukan pengolahan data untuk memperoleh nilai resistivitas nyata dan kedalaman. Selanjutnya untuk tahap 2 (dua) interpretasi dilakukan untuk analisis kondisi bawah permukaan berupa litologi/struktur dan sifat fisik.

Interpretasi tahap 1 dilakukan untuk memperoleh data resistivitas nyata dan kedalamannya. Kemudian pada interpretasi tahap 2 dapat dilakukan dengan berbagai pendukung seperti sejarah geologi daerah penelitian, data sumur warga di sekitar daerah penelitian, dan berbagai data geofisika yang ada. Sehingga data geofisika dan geologi sangat erat kaitannya untuk hasil akhir interpretasi. Untuk memperoleh hasil interpretasi yang baik diperlukan data geologi dan untuk menghasilkan nilai interpretasi hasil rekam jejak batuan yang bagus diperlukan data geofisika daerah penelitian, seperti halnya nilai resistivitas batuan.

4.3.1 Interpretasi Lintasan 1

Hasil pengolahan data resistivitas menggunakan software *res2dinv*. Prinsip pengolahan data menggunakan algoritma pencocokan kurva model dan kurva standart dengan representasi eror sekecil mungkin. Dalam pengolahan data geolistrik idealnya nilai eror yang diperlukan berada di bawah 10 % dan di asumsikan sudah mendekati nilai resistivitas sebenarnya.

Panjang maksimal lintasan 1 adalah 160 m. Pengambilan data pada lintasan 1 melewati daerah sumur yang memiliki kualitas air tawar. Rata-rata sumur warga di lintasan 1, memiliki kedalaman 15-20 m dari atas permukaan tanah. Kedalaman normal model terdeteksi berkisar 26,9 m dengan error 3,2 %.



Gambar 4.1 Penampang Resistivitas Lintasan 1

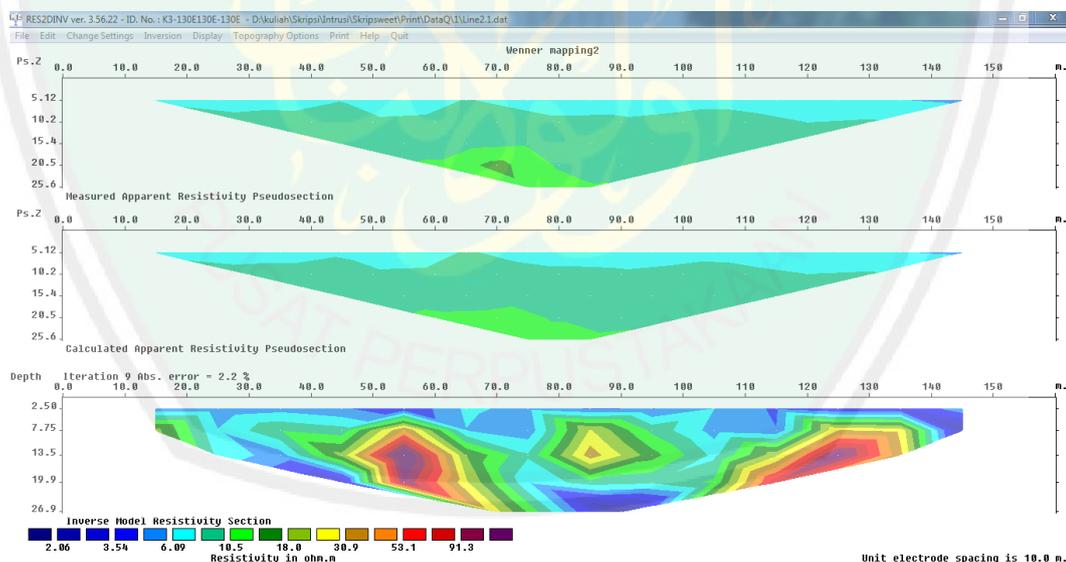
Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan:

Tabel 4.1 Hasil Interpretasi lithology pada lintasan 1 (Sumber acuan: Telford, 1990; Loke, 2004)

No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis (Ωm)	Jenis Batuan/Material
1.		0,917 – 4,34	Airtanah, magnetite, pirit, pasir
2.		4,36 – 20,5	Pasir, lempung, batu kapur yang mengandung air asin
3.		20,6 – 212	Batu pasir, lempung, lempung pasiran, batu kapur yang mengandung air asin

4.3.2 Interpretasi Lintasan 2

Panjang maksimal lintasan 2 adalah 160 m kedalaman normal yang terdeteksi 26,9 m dengan error 2,7 %. Hasil pengolahan data resistivitas menggunakan software *res2dinv* untuk lintasan 2:



Gambar 4.2 Penampang Resistivitas Lintasan 2

Pengambilan data pada lintasan 2 ini berada pada satu lokasi dengan lintasan 1, akan tetapi, lintasan 2 ini diambil memotong lintasan 1 dan berada di tepi jalan. Titik temu kedua lintasan berada pada titik 35 m untuk lintasan 1 dan

40 m untuk lintasan 2. Lintasan 2 ini tidak melintasi sumur, tetapi berada jauh 30 m dari titik sumur A yang memiliki kualitas air tawar.

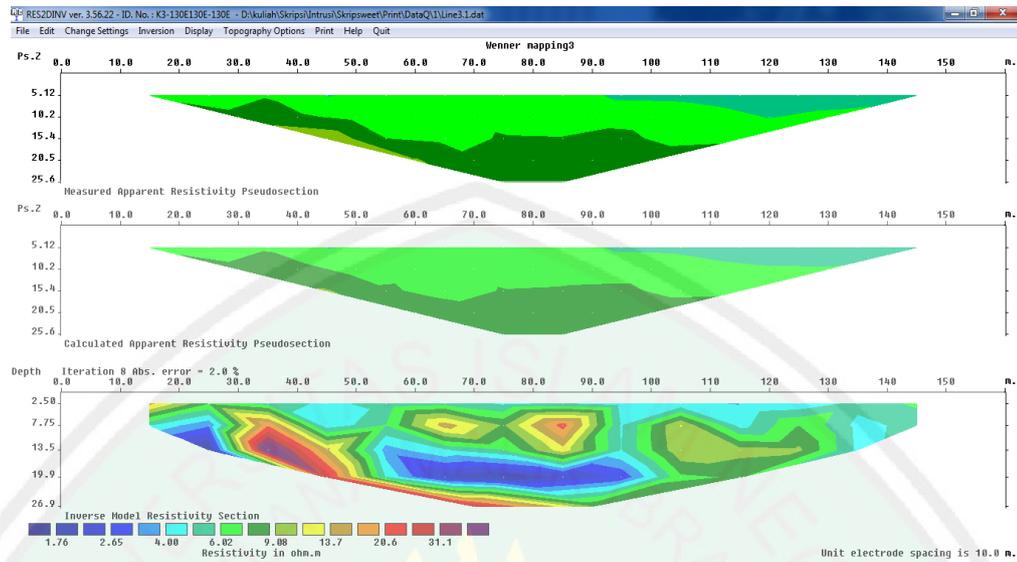
Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan:

Tabel 4.2 Hasil Interpretasi lithology pada lintasan 2 (Sumber acuan: Telford, 1990; Loke, 2004)

No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis (Ωm)	Jenis Batuan/Material
1.		2,06 – 6,09	Airtanah, magnetite, pirit, pasir
2.		6,10 – 18,0	Pasir, lempung, batu kapur yang mengandung air asin
3.		18,01 – 91,3	Batu pasir, lempung, lempung pasiran, batu kapur yang mengandung air asin

4.3.3 Interpretasi Lintasan 3

Panjang lintasan ketiga adalah 160 m. Pengambilan data pada lintasan 3 ini berada pada daerah dimana sumur warga sekitar memiliki kualitas air asin. Kedalaman sumur daerah lintasan 3 ini sekitar 15 m sampai 20 m kedalaman model yang terdeteksi 26,9 m dan nilai eror yang diperoleh sebesar 2,4 %. Hasil pengolahan data resistivitas menggunakan software *res2dinv* untuk lintasan 3:



Gambar 4.3 Penampang Resistivitas Lintasan 3

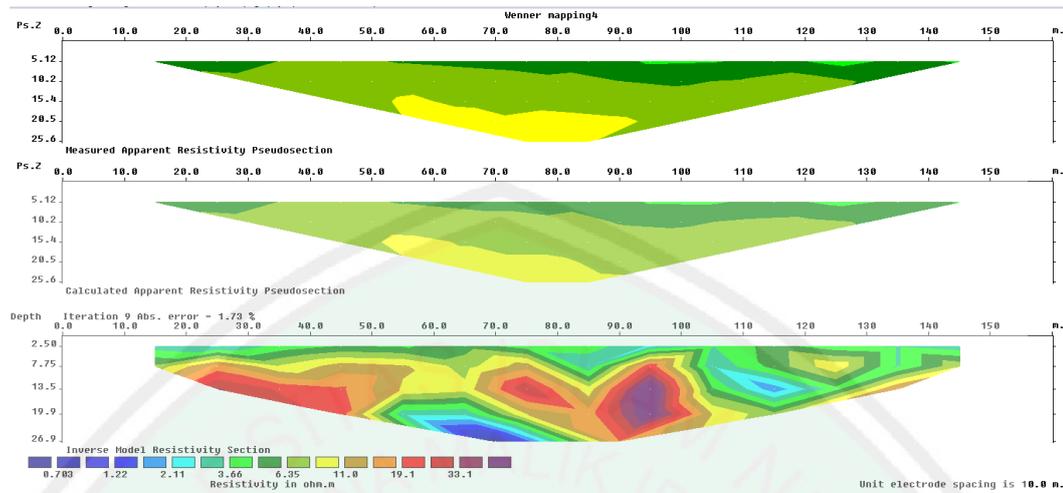
Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan:

Tabel 4.3 Hasil Interpretasi lithology pada lintasan 3 (Sumber acuan: Telford, 1990; Loke, 2004)

No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis (Ωm)	Jenis Batuan/Material
1.		1,76 – 4,00	Airtanah, magnetite, pirit, pasir
2.		4,01 – 9,08	Pasir, lempung, batu kapur yang mengandung air asin
3.		9,09 – 31,1	Batu pasir, lempung, lempung pasiran, batu kapur yang mengandung air asin

4.3.4 Interpretasi Lintasan 4

Hasil pengolahan data resistivitas menggunakan software *res2dinv* untuk lintasan 4:



Gambar 4.4 Penampang Resistivitas Lintasan 4

Panjang lintasan 4 adalah 160 m. Lintasan 4 diambil memotong lintasan 3. Titik temu lintasan 3 berada pada titik 60 m dan 40 m pada lintasan 4. Nilai resistivitas rendah lebih banyak diperoleh di daerah selatan. Kedalaman model yang terdeteksi pada lintasan 4 adalah 19,9 m dengan error 1,73 %.

Hasil interpretasi lapisan bawah permukaan berdasarkan pemodelan yang dihasilkan:

Tabel 4.4 Hasil Interpretasi lithology pada lintasan 4 (Sumber acuan: Telford, 1990; Loke, 2004)

No.	Skala Warna	Nilai Tahanan Jenis (Ωm)	Jenis Batuan/Material
1.		0,703 – 2,11	Airtanah, magnetite, pirit, pasir
2.		2,12 – 6,35	Pasir, lempung, batu kapur yang mengandung air asin
3.		6,36 – 33,1	Batu pasir, lempung, lempung pasiran, batu kapur yang mengandung air asin

4.4 Deskripsi Data Sumur

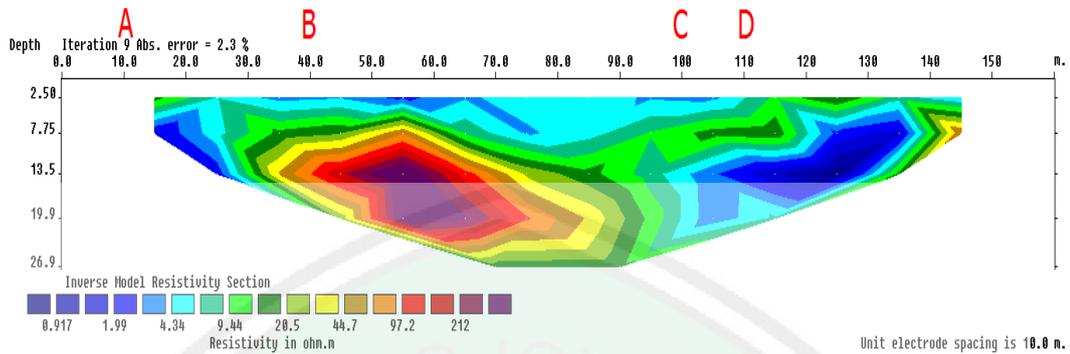
Lokasi penelitian berada pada satu daerah yang terpisah oleh sungai. Dua lokasi penelitian tersebut memiliki kualitas air yang berbeda. Daerah timur sungai memiliki kualitas air yang asin (A) sedangkan daerah barat sungai memiliki kualitas air yang tawar (B). Dugaan terjadinya intrusi air laut di daerah A ini diawali dengan mengetahui kualitas air dari beberapa sumur yang ada di daerah A.

4.5 Analisa Permodelan Setiap Lintasan

4.5.1 Analisa Lintasan 1 *Mapping* 2D

Pengambilan data pada lintasan 1 dari arah Barat ke Timur, melewati sumur warga berada pada titik 10 m (A) dengan kedalaman 15 m, 40 m (B) dengan kedalaman 20 m, 100 m (C) dengan kedalaman 20 m dan 110 m (D) dengan kedalaman sumur 15 m dari permukaan tanah. Kondisi sumur A, B, C dan D tersebut semuanya memiliki kualitas air yang tawar. Sumur A dan B tidak dapat tercover melalui data *mapping*, yang terlihat pada data *mapping* hanya sumur C dan D dengan nilai resistivitas yang diperoleh berkisar 4,34 ohm m. Berdasarkan model penampang lintasan 1 sumur C dan D struktur batuan berupa pasir yang mengandung airtanah berkualitas tawar yang memiliki lapisan batuan yang tidak tembus air (non permeabel) sehingga air laut tidak bisa merembes masuk ke dalamnya.

Analisa penampang lintasan 1 yang diperoleh dari pengolahan data *res2dinv* ditunjukkan pada gambar 4.5:

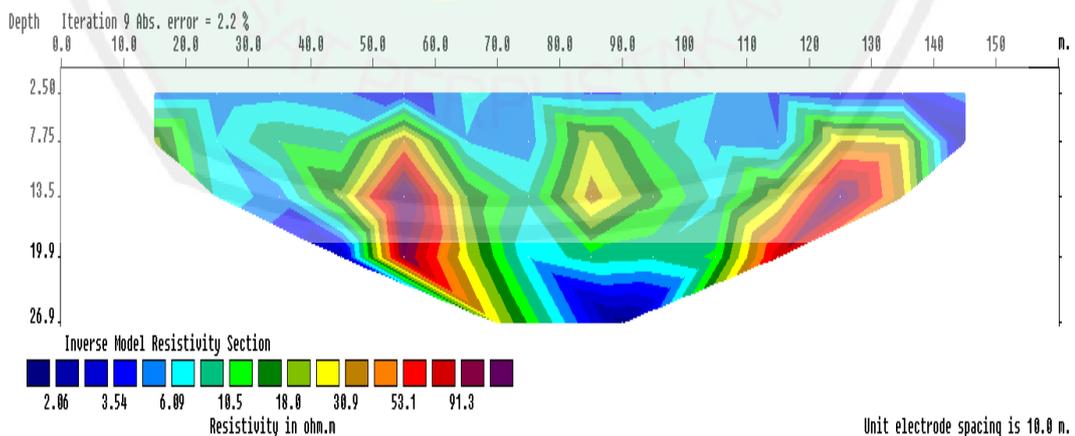


Gambar 4.5 Penampang resistivitas 2D lintasan 1

4.5.2 Analisa Lintasan 2 Mapping 2D

Pengambilan data pada lintasan 2 dari Utara ke Selatan ini tidak melintasi salah satu sampel sumur warga sekitar, hasil penampang 2 dimensi terlihat pada warna biru muda menunjukkan nilai resistivitas batuan yang mengandung fluida (airtanah) di bawah permukaan. Warna kuning hingga ungu tua memperlihatkan nilai resistivitas material bawah permukaan diduga mengandung air asin.

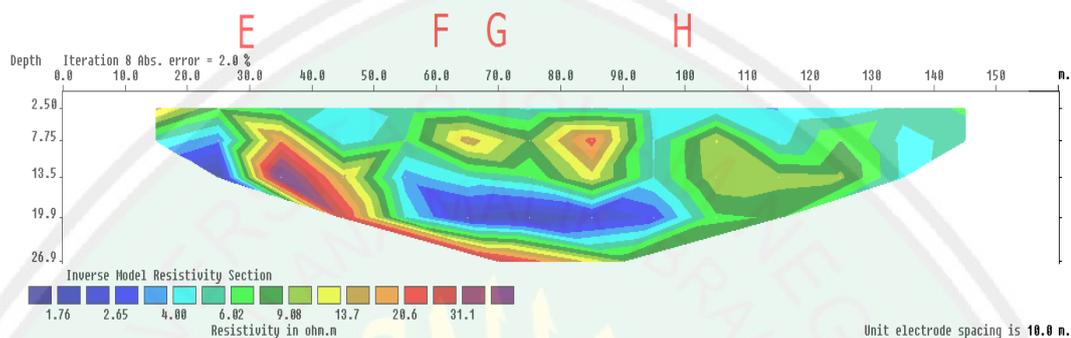
Analisa lintasan 2 yang memotong lintasan 1 diperlihatkan pada gambar 4.6:



Gambar 4.6 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 2

4.5.3 Analisa Lintasan 3 Mapping 2D

Analisa penampang lintasan 3 yang diperoleh dari pengolahan data *res2dinv* ditunjukkan pada gambar 4.7:



Gambar 4.7 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 3

Pengambilan data pada lintasan 3 dari arah Timur ke Barat. Posisi sumur terdekat berada pada jarak 30 m (E) dengan kedalaman 20 m, 60 m (F) dengan kedalaman 20 m, 70 m (G) dengan kedalaman 20 m dan 100 m dengan kedalaman 20 m. Sumur E, F, G dan H memiliki kualitas air asin. Daerah sumur warga yang dilintasi memiliki nilai resistivitas berkisar 4 ohm m. Sumur E tidak dapat tercover melalui data *mapping*. Hasil penampang 2 dimensi terlihat pada warna biru muda menunjukkan nilai resistivitas batuan yang mengandung fluida (airtanah) di bawah permukaan. Warna kuning hingga ungu tua memperlihatkan nilai resistivitas material bawah permukaan diduga mengandung air asin. Sumur F, G, H memiliki kualitas air asin disebabkan adanya rembesan (intrusi) air laut di bawah permukaan. Menurut data sumur litologi bawah permukaan berupa batuan gamping (*kars*). *Kars* adalah sebuah bentuk permukaan bumi yang pada umumnya dicirikan dengan adanya depresi tertutup (*closed depression*), *drainase* permukaan, dan goa. Daerah ini dibentuk terutama oleh pelarutan batuan,

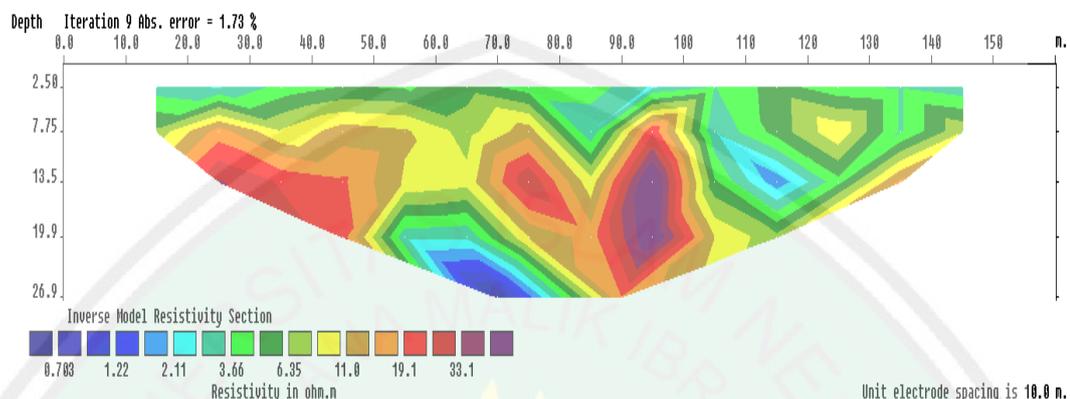
kebanyakan batu gamping. Kawasan kars banyak dijumpai goa dan sungai bawah tanah yang juga menjadi pemasok ketersediaan airtanah yang sangat dibutuhkan oleh kawasan yang berada di bawahnya. Termasuk di dalamnya ketersediaan air tawar (dan bersih) bagi kehidupan manusia, baik untuk keperluan harian maupun untuk pertanian dan perkebunan (Wikipedia, 2016). Sumur F, G dan H terintrusi air laut karena lapisan batuanannya merupakan batuan permeabel atau batuan yang mudah tembus air, sehingga air laut dapat dengan mudah menembus lapisan batuan yang mengandung airtanah.

Terjadinya perbedaan kualitas airtanah di daerah penelitian ini disebabkan adanya rembesan air laut yang tersimpan di dalam cekungan-cekungan atau goa di bawah permukaan. Struktur batuan di daerah penelitian merupakan batu pasir dan gamping. Batu pasir dan gamping menurut sifatnya adalah batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air secara berarti. Daerah penelitian sangat tergantung pada cuaca, dimana ketika cuaca kemarau kondisi airtanah akan terintrusi air laut karena kemampuan air laut menembus lapisan batuan gamping yang menyebabkan airtanah menjadi asin.

4.5.4 Analisa Lintasan 4 *Mapping* 2D

Pengambilan data lintasan 4 dari Utara ke Selatan tidak melintasi salah satu sampel sumur warga sekitar. Hasil penampang 2 dimensi terlihat pada warna biru muda menunjukkan nilai resistivitas batuan yang mengandung fluida (airtanah) di bawah permukaan. Warna kuning hingga ungu tua memperlihatkan nilai resistivitas material bawah permukaan diduga mengandung air asin.

Lintasan 4 diambil memotong lintasan 3. Analisa penampang lintasan 4 diperoleh dari pengolahan data *res2dinv* ditunjukkan pada gambar 4.8:



Gambar 4.8 Penampang Resistivitas 2D Lintasan 4

4.6 Model Penampang 3D dari keempat Lintasan

Gambar 4.9 Menunjukkan hasil 3D yang diolah menggunakan software CorelDRAW X8. Dari hasil bentuk 3D tersebut dapat dilihat bentuk sebaran intrusi air laut di lokasi penelitian.

Gambar tersebut menjelaskan bahwa adanya hubungan antara lintasan 1 dan lintasan 2. Begitu juga pada lintasan 3 dan 4 terjadi perpotongan daerah yang memiliki hubungan pada bawah permukaan. Dari penampang 3D tersebut dapat diketahui adanya hubungan antara lintasan 1 dan lintasan 2 meskipun sumur-sumur di dua lintasan tersebut memiliki kualitas air yang berbeda.



Gambar 4.9 Model Penampang 3D

4.7 Integrasi Penelitian dengan al-Qur'an

Daerah penelitian tersusun atas jenis batuan kars (kapur). Kawasan batuan kapur banyak dijumpai goa dan sungai bawah tanah yang juga menjadi pemasok ketersediaan airtanah yang sangat dibutuhkan oleh kawasan yang ada di bawahnya. Termasuk di dalamnya ketersediaan air tawar bagi kehidupan manusia, baik untuk keperluan harian maupun untuk pertanian. Terdapatnya goa pada susunan batuan kars menyebabkan adanya rembesan air laut tersimpan di dalamnya sehingga adanya fenomena terobosan bawah permukaan menghentikan aliran air laut yang menyusup ke dalam goa. Adanya goa yang seharusnya menjadi timbunan air tawar tercampur dengan air laut tidak bisa menyatu karena perbedaan tekanan. Sebagaimana sudah dijelaskan dalam firman Allah surat al-Furqon:

﴿ وَهُوَ الَّذِي مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ وَهَذَا مِلْحٌ أُجَاجٌ وَجَعَلَ بَيْنَهُمَا

بَرْزَخًا وَحِجْرًا مَّحْجُورًا ﴿٥٢﴾

“dan Dialah yang membiarkan dua laut yang mengalir (berdampingan); yang ini tawar lagi segar dan yang lain asin lagi pahit; dan Dia jadikan antara keduanya dinding dan batas yang menghalangi”. (QS: al-Furqon, 53).

Surat al-Furqon ayat 53 menjelaskan tentang kekuasaan Allah tentang penciptaan dua lautan yang memiliki Jenis air berbeda rasanya. Ada air tawar yang segar (*'adzbun furat*) dan air asin (*milhun ujjaj*), kedua jenis air ini berada pada lokasi yang berbeda akan tetapi apabila berada pada satu lokasi yang sama kedua air ini tidak bisa menyatu. Kemudian dalam dua ayat tersebut digunakan kalimat *barzakh* sebagai pemisah atau pembatas antara keduanya.

Dua lautan yang keduanya tercerai berai oleh adanya pembatas. Sifat lautan yang saling bertemu, akan tetapi tidak bercampur satu sama lain ini telah ditemukan oleh para ahli kelautan baru-baru ini. Hal ini disebabkan adanya gaya fisika yang dinamakan tegangan permukaan, air laut yang tidak dapat bersatu karena perbedaan masa jenis, tegangan permukaan mencegah lautan dari bercampur satu sama lain, seolah ada dinding tipis memisahkan keduanya (Davis, 1972). Perbedaan suhu, kadar garam, dan kerapatan airnya (densitas). air laut didaerah laut tengah(mediterrania) memiliki kerapatan dan kadar garam yg lebih tinggi dari air laut. menurut sifatnya, air akan bergerak dari kerapatan tinggi ke rendah.

Intrusi air asin adalah pergerakan air asin ke akuifer air tawar yang dapat mengkontaminasi sumber air minum. Intrusi air asin dapat terjadi secara alami hingga derajat tertentu pada sebagian besar akuifer pantai, dikarenakan adanya hubungan hidrolis antara airtanah dan air laut. Karena air asin memiliki kadar mineral yang lebih tinggi dari air tawar, maka air laut memiliki massa jenis yang

lebih tinggi dan tekanan air yang lebih besar. Sehingga air asin bergerak menuju air tawar. Berbagai aktivitas manusia, terutama pemompaan airtanah dari akuifer pantai, dapat meningkatkan intusi air laut karena tekanan airtanah berkurang dan menjadi relatif lebih kecil dibandingkan tekanan dari air laut. Penyebab intrusi air asin lainnya yaitu kanal navigasi dan drainase yang menciptakan celah bagi air laut bergerak ke daratan melewati permukaan dan melalui pasang surut air. Intrusi air laut juga dapat terjadi pada kondisi cuaca ekstrem seperti badai dan ombak besar.



BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pemodelan bawah permukaan dengan metode resistivitas Wenner Alpha dan software Res2dinv dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode geolistrik dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan yang mengandung airtanah yang ditunjukkan dengan skema warna biru muda hingga biru tua pada pemodelan 2 dimensi dengan nilai resistivitas 0,703-6,09 ohm m.
2. Zona yang terdeteksi mengalami intrusi air laut berada pada lokasi B lintasan 3 dan 4, diduga karena adanya rembesan air laut di bawah permukaan pada lithologi batuan gamping di daerah penelitian dengan nilai resistivitas 4,01-31,1 ohm m.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil dari kesimpulan diatas, maka disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan metode geofisika lain seperti metode GPR atau yang lainnya agar dapat memperoleh hasil interpretasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achdan, A, dan S. Bachri. 1989. *Peta Geologi Lembar Blambangan*, Jawa, skala 1:100.000. pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Agustina. 2014. *pH EH dan EC Indikator Uji Kesuburan Tanah*. (Online). <http://C.Agustina-Notes.html>. Diakses pada tanggal 22 Februari 2016.
- Alma'ruf. 1995. *Aplikasi Metode Tahanan Jenis dan Pengukuran Konduktivitas untuk Mendeteksi Intrusi Air Laut Terhadap Lapisan Airtanah di Daerah Pantai Kuta Kabupaten Lombok Tengah*. Thesis. Bandung: ITB.
- Bemmelen, R.W. van. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherland.
- Beukeboom, T.J. 1978. *Some Theories on Fresh-Salt Groundwater Relationship in Coastal Aquifers*, *The Indonesian Journal of Geography*, 8(35).
- Davis, Richard A., Jr. 1972. *Principle of Oceanography*, Don Mills, Ontario, Addison-Wesley Publishing,s. 92-93.
- FAO, 1997. *Seawater Intrusion in Coastal Aquifers. Guidelines for Study, Monitoring and Control*, FAO, Rome
- Halliburton. 2001. *Basic Petroleum Geology and Log Analysis*
- Harsono, Adi. 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*. Jakarta: Schlumberger Oilfield Services.
- Haryanto, A. 2011. *Aplikasi Metode Resistivitas Menggunakan Geolistrik untuk Monitoring Intrusi Air Laut Skala Model*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- <https://id.m.wikipedia.org/wiki/Kars>
- Indriana, Rina Dwi, dkk. 2007. *Interpretasi Bawah Permukaan Dengan Metode Self Potential Daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan*. Semarang: Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika Universitas Diponegoro.
- Kodoatie, R.J. 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Yogyakarta: Andi.
- Loke, M.H. 2004. *Tutorial 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Penang: Geotomo Software.
- Lowrie, William. 2007. *Fundamentals of Geophysics*. USA: Cambridge University Press, p293-320.

- Milsom, John. 2003. *Field Geophysics, 3rd Edition*. England: John Willey & Sons Ltd.
- Nagle, G. 2003. *Rivers and Water Management*. Access to Geography. Hodder Education, an Hachette UK Indonesia.
- Nahrowi, T. Y., Suratman, S. Namida & Sugih Hidayat. 1978. *Geologi Pegunungan Selatan, Jawa Timur*, Bagian Explorasi PPTMGM Lemigas, Cepu.
- Peters, Ekwere J. *Petrophysics*. USA: Departement of Petroleum and Geosystems Engineering The University of Texas at Austin.
- Putranto, TT. dan Kusuma, KI. (2009). "Permasalahan Air tanah Pada Daerah Urban". *Jurnal Teknik*, Vol. 30 No. 1.
- Reynolds, Jhon M. 2005. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. USA: JhonWiley & Sons, p 156-160.
- Salam, R. 2011. *Kajian Akuifer Pantai Pulau Ternate*. *Jurnal Aplikasi Fisika*, 7(2) 51-52.
- Sandy, LM. 1985. *Geografi Regional Republik Indonesia*. Jurusan Geografi, FMIPA. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sapei, T., A. H. Suganda, K. A. S. Astadiredja & Suharsono. 1990. *Peta Geologi Lembar Jember, Jawa*, skala 1:100.000, Bansung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Seyhan, E. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Terjemahan Fundamental of Hydrology. Subagyo, S, Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Sidarto, T. Suwarti & Sudana. D. 1993. *Peta Geologi Lembar Banyuwangi, Jawa*, skala 1:100.000, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Soemarto, CD. (1999). *Hidrologi Teknik Edisi Ke-2*. Jakarta: Erlangga.
- Soenarto, B. 1988. *Penyusupan Air Asin Dalam Air Tanah Jakarta*, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan*, 2(8), hal. 157-165.
- Supriyadi, I, H. 1991. *Pendugaan Kandungan Airtanah dan Air Asin dengan Geolistrik*. Lonawarta, 1 : 51-67.
- Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E Sheriff & D. A. Keys. 1990. *Applied Geophysic*. London: Cambridge University Press.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York: John Wiley & Sons.

Williams, H., F. D. Turner and C. M. Gilbert. 1954. *Petrography, An Introduction of the study of rock thin section*, W. H. Freeman and Co, San Fransisco.

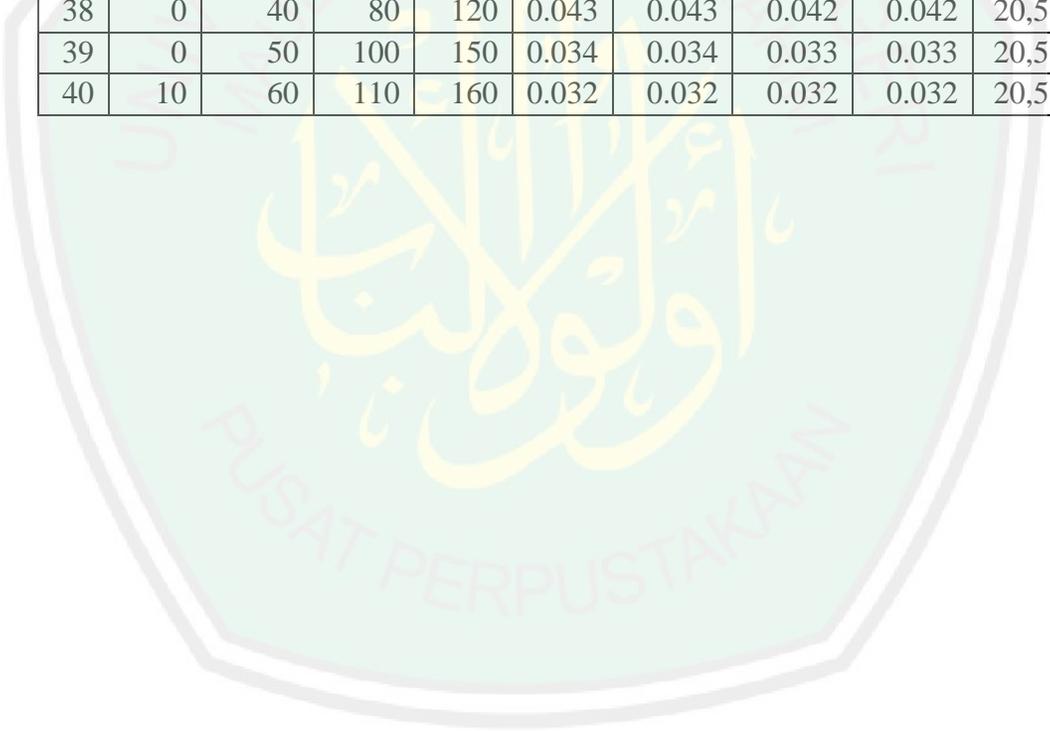


LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Lapangan Konfigurasi Wenner Mapping Lintasan 1

No	Elektroda				R				I(mA)	n	Rata-Rata R	Datum	Spasi	ρ
	C1	P1	P2	C2	1	2	3	4						
1	0	10	20	30	0.099	0.099	0.098	0.098	20,583	1	0.0985	15	10	6.1858
2	10	20	30	40	0.103	0.103	0.103	0.103	20,583	1	0.103	25	10	6.4684
3	20	30	40	50	0.102	0.102	0.102	0.102	20,583	1	0.102	35	10	6.4056
4	30	40	50	60	0.134	0.134	0.134	0.134	20,583	1	0.134	45	10	8.4152
5	40	50	60	70	0.09	0.09	0.09	0.098	20,583	1	0.092	55	10	5.7776
6	50	60	70	80	0.122	0.121	0.122	0.121	20,584	1	0.1215	65	10	7.6302
7	60	70	80	90	0.1	0.099	0.099	0.099	20,583	1	0.09925	75	10	6.2329
8	70	80	90	100	0.109	0.109	0.109	0.108	20,584	1	0.10875	85	10	6.8295
9	80	90	100	110	0.109	0.11	0.108	0.108	20,584	1	0.10875	95	10	6.8295
10	90	100	110	120	0.094	0.094	0.095	0.094	20,584	1	0.09425	105	10	5.9189
11	100	110	120	130	0.108	0.108	0.108	0.108	20,584	1	0.108	115	10	6.7824
12	110	120	130	140	0.109	0.109	0.109	0.109	20,584	1	0.109	125	10	6.8452
13	120	130	140	150	0.096	0.096	0.096	0.095	20,584	1	0.09575	135	10	6.0131
14	130	140	150	160	0.126	0.13	0.128	0.127	20,585	1	0.12775	145	10	8.0227
15	100	120	140	160	0.069	0.07	0.07	0.07	20,584	2	0.06975	30	20	4.6158
16	90	110	130	150	0.069	0.069	0.067	0.068	20,585	2	0.06825	40	20	4.5687
17	80	100	120	140	0.053	0.053	0.053	0.053	20,585	2	0.053	50	20	4.8513
18	70	90	110	130	0.048	0.048	0.048	0.048	20,585	2	0.048	60	20	4.5687
19	60	80	100	120	0.073	0.074	0.074	0.073	20,585	2	0.0735	70	20	5.8718
20	50	70	90	110	0.091	0.093	0.092	0.092	20,585	2	0.092	80	20	5.7776
21	40	60	80	100	0.093	0.094	0.094	0.093	20,585	2	0.0935	90	20	4.6158
22	30	50	70	90	0.073	0.073	0.073	0.072	20,585	2	0.07275	100	20	3.0144

23	20	40	60	80	0.078	0.077	0.077	0.077	20,585	2	0.07725	110	20	3.3284
24	10	30	50	70	0.073	0.073	0.073	0.072	20,585	2	0.07275	120	20	4.2861
25	0	20	40	60	0.073	0.074	0.074	0.073	20,585	2	0.0735	130	20	4.3803
26	0	30	60	90	0.057	0.058	0.056	0.056	20,585	3	0.05675	45	30	3.5639
27	10	40	70	100	0.053	0.053	0.053	0.053	20,585	3	0.053	55	30	3.3284
28	20	50	80	110	0.051	0.05	0.05	0.05	20,584	3	0.05025	65	30	3.1557
29	30	60	90	120	0.051	0.053	0.051	0.052	20,585	3	0.05175	75	30	3.2499
30	40	70	100	130	0.054	0.055	0.055	0.054	20,585	3	0.0545	85	30	3.4226
31	50	80	110	140	0.053	0.052	0.052	0.052	20,585	3	0.05225	95	30	3.2813
32	60	90	120	150	0.049	0.049	0.05	0.049	20,585	3	0.04925	105	30	3.0929
33	70	100	130	160	0.049	0.049	0.048	0.049	20,585	3	0.04875	115	30	3.0615
34	40	80	120	160	0.041	0.041	0.04	0.04	20,585	4	0.0405	60	40	2.669
35	30	70	110	150	0.039	0.04	0.04	0.038	20,585	4	0.03925	70	40	2.5591
36	20	60	100	140	0.041	0.042	0.043	0.041	20,585	4	0.04175	80	40	2.6219
37	10	50	90	130	0.04	0.041	0.041	0.041	20,585	4	0.04075	90	40	2.4649
38	0	40	80	120	0.043	0.043	0.042	0.042	20,585	4	0.0425	100	40	2.5434
39	0	50	100	150	0.034	0.034	0.033	0.033	20,585	5	0.0335	75	50	2.1038
40	10	60	110	160	0.032	0.032	0.032	0.032	20,585	5	0.032	85	50	2.0096



Lampiran 2. Data Lapangan Konfigurasi Wenner Mapping Lintasan 2

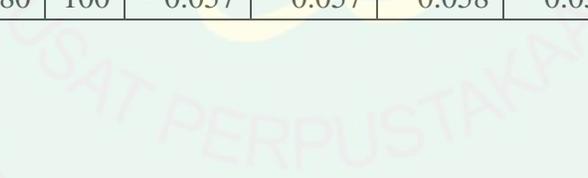
No	Elektroda				R				I(mA)	n	Rata-Rata R	Datum	Spasi	ρ
	C1	C2	C3	C4	1	2	3	4						
1	0	10	20	30	0.12	0.119	0.119	0.119	20,583	1	0.11925	15	10	7.4889
2	10	20	30	40	0.107	0.106	0.106	0.106	20,583	1	0.10625	25	10	6.6725
3	20	30	40	50	0.113	0.112	0.111	0.111	20,583	1	0.11175	35	10	7.0179
4	30	40	50	60	0.126	0.125	0.126	0.125	20,583	1	0.1255	45	10	7.8814
5	40	50	60	70	0.099	0.099	0.099	0.098	20,583	1	0.09875	55	10	6.2015
6	50	60	70	80	0.13	0.13	0.13	0.129	20,583	1	0.12975	65	10	8.1483
7	60	70	80	90	0.111	0.11	0.11	0.11	20,583	1	0.11025	75	10	6.9237
8	70	80	90	100	0.112	0.111	0.111	0.111	20,583	1	0.11125	85	10	6.9865
9	80	90	100	110	0.104	0.104	0.103	0.103	20,583	1	0.1035	95	10	6.4998
10	90	100	110	120	0.115	0.115	0.113	0.114	20,584	1	0.11425	105	10	7.1749
11	100	110	120	130	0.101	0.1	0.101	0.1	20,584	1	0.1005	115	10	6.3114
12	110	120	130	140	0.104	0.102	0.104	0.103	20,584	1	0.10325	125	10	6.4841
13	120	130	140	150	0.098	0.097	0.098	0.097	20,584	1	0.0975	135	10	6.123
14	130	140	150	160	0.093	0.092	0.092	0.092	20,584	1	0.09225	145	10	5.7933
15	100	120	140	160	0.066	0.066	0.065	0.065	20,584	2	0.0655	30	20	4.6001
16	90	110	130	150	0.064	0.062	0.063	0.063	20,584	2	0.063	40	20	4.5844
17	80	100	120	140	0.073	0.074	0.073	0.073	20,583	2	0.07325	50	20	4.3018
18	70	90	110	130	0.072	0.075	0.072	0.073	20,584	2	0.073	60	20	4.4745
19	60	80	100	120	0.068	0.068	0.067	0.067	20,584	2	0.0675	70	20	4.9141
20	50	70	90	110	0.068	0.068	0.07	0.062	20,584	2	0.067	80	20	4.2076
21	40	60	80	100	0.079	0.078	0.078	0.078	20,584	2	0.07825	90	20	4.239
22	30	50	70	90	0.07	0.073	0.071	0.071	20,584	2	0.07125	100	20	4.5844

23	20	40	60	80	0.067	0.07	0.069	0.068	20,584	2	0.0685	110	20	4.6001
24	10	30	50	70	0.073	0.073	0.073	0.073	20,584	2	0.073	120	20	3.9564
25	0	20	40	60	0.073	0.074	0.073	0.073	20,584	2	0.07325	130	20	4.1134
26	0	30	60	90	0.049	0.049	0.049	0.048	20,584	3	0.04875	45	30	3.0615
27	10	40	70	100	0.05	0.049	0.053	0.051	20,584	3	0.05075	55	30	3.1871
28	20	50	80	110	0.05	0.052	0.05	0.05	20,584	3	0.0505	65	30	3.1714
29	30	60	90	120	0.054	0.053	0.053	0.053	20,584	3	0.05325	75	30	3.3441
30	40	70	100	130	0.051	0.05	0.05	0.05	20,584	3	0.05025	85	30	3.1557
31	50	80	110	140	0.054	0.053	0.053	0.053	20,584	3	0.05325	95	30	3.3441
32	60	90	120	150	0.046	0.05	0.051	0.048	20,584	3	0.04875	105	30	3.0615
33	70	100	130	160	0.052	0.052	0.052	0.052	20,584	3	0.052	115	30	3.2656
34	40	80	120	160	0.039	0.038	0.038	0.038	21	4	0.03825	60	40	2.7004
35	30	70	110	150	0.035	0.037	0.038	0.036	20,584	4	0.0365	70	40	3.7523
36	20	60	100	140	0.04	0.041	0.04	0.04	20,584	4	0.04025	80	40	2.5277
37	10	50	90	130	0.06	0.055	0.064	0.06	20,584	4	0.05975	90	40	2.2922
38	0	40	80	120	0.043	0.044	0.043	0.042	20,584	4	0.043	100	40	2.4021
39	0	50	100	150	0.041	0.042	0.039	0.041	20,584	5	0.04075	75	50	2.5591
40	10	60	110	160	0.033	0.033	0.036	0.034	20,584	5	0.034	85	50	2.1352



Lampiran 3. Data Lapangan Konfigurasi Wenner Mapping Lintasan 3

No	Elektroda				R				I(mA)	n	Rata-Rata R	Datum	Spasi	ρ
	C1	C2	C3	C4	1	2	3	4						
1	0	10	20	30	0.111	0.111	0.112	0.111	20,581	1	0.11125	15	10	6.9865
2	10	20	30	40	0.096	0.097	0.097	0.096	20,581	1	0.0965	25	10	6.0602
3	20	30	40	50	0.119	0.115	0.115	0.115	20,581	1	0.116	35	10	7.2848
4	30	40	50	60	0.093	0.096	0.096	0.095	20,582	1	0.095	45	10	5.966
5	40	50	60	70	0.097	0.102	0.101	0.1	20,582	1	0.1	55	10	6.28
6	50	60	70	80	0.108	0.108	0.109	0.108	20,582	1	0.10825	65	10	6.7981
7	60	70	80	90	0.097	0.097	0.097	0.097	20,582	1	0.097	75	10	6.0916
8	70	80	90	100	0.105	0.105	0.105	0.105	20,582	1	0.105	85	10	6.594
9	80	90	100	110	0.092	0.092	0.092	0.091	20,582	1	0.09175	95	10	5.7619
10	90	100	110	120	0.091	0.092	0.092	0.091	20,583	1	0.0915	105	10	5.7462
11	100	110	120	130	0.086	0.087	0.085	0.085	20,582	1	0.08575	115	10	5.3851
12	110	120	130	140	0.084	0.083	0.083	0.083	20,583	1	0.08325	125	10	5.2281
13	120	130	140	150	0.084	0.085	0.085	0.085	20,582	1	0.08475	135	10	5.3223
14	130	140	150	160	0.09	0.09	0.09	0.09	20,583	1	0.09	145	10	5.652
15	100	120	140	160	0.051	0.051	0.051	0.051	20,583	2	0.051	30	20	4.0977
16	90	110	130	150	0.048	0.047	0.048	0.047	20,583	2	0.0475	40	20	3.8465
17	80	100	120	140	0.052	0.054	0.052	0.052	20,583	2	0.0525	50	20	3.4854
18	70	90	110	130	0.054	0.055	0.055	0.054	20,583	2	0.0545	60	20	3.6424
19	60	80	100	120	0.057	0.055	0.056	0.055	20,583	2	0.05575	70	20	3.5953
20	50	70	90	110	0.056	0.054	0.055	0.054	20,583	2	0.05475	80	20	3.4383
21	40	60	80	100	0.057	0.057	0.058	0.057	20,583	2	0.05725	90	20	3.5011



22	30	50	70	90	0.062	0.058	0.054	0.058	20,583	2	0.058	100	20	3.4226
23	20	40	60	80	0.055	0.057	0.055	0.055	20,583	2	0.0555	110	20	3.297
24	10	30	50	70	0.065	0.058	0.061	0.061	20,583	2	0.06125	120	20	2.983
25	0	20	40	60	0.067	0.064	0.064	0.066	20,583	2	0.06525	130	20	3.2028
26	0	30	60	90	0.056	0.057	0.056	0.056	20,583	3	0.05625	145	30	3.5325
27	10	40	70	100	0.04	0.039	0.039	0.039	20,583	3	0.03925	155	30	2.4649
28	20	50	80	110	0.038	0.038	0.036	0.037	20,583	3	0.03725	165	30	2.3393
29	30	60	90	120	0.043	0.039	0.038	0.039	20,583	3	0.03975	175	30	2.4963
30	40	70	100	130	0.039	0.04	0.04	0.039	20,583	3	0.0395	185	30	2.4806
31	50	80	110	140	0.044	0.039	0.041	0.041	20,584	3	0.04125	195	30	2.5905
32	60	90	120	150	0.036	0.037	0.036	0.036	20,584	3	0.03625	205	30	2.2765
33	70	100	130	160	0.037	0.038	0.038	0.037	20,584	3	0.0375	215	30	2.355
34	40	80	120	160	0.043	0.032	0.028	0.033	20,584	4	0.034	260	40	2.3079
35	30	70	110	150	0.03	0.029	0.031	0.03	20,584	4	0.03	270	40	1.9154
36	20	60	100	140	0.031	0.03	0.032	0.03	20,584	4	0.03075	280	40	1.9311
37	10	50	90	130	0.031	0.031	0.03	0.03	20,584	4	0.0305	290	40	1.884
38	0	40	80	120	0.053	0.029	0.03	0.035	20,584	4	0.03675	300	40	2.1352
39	0	50	100	150	0.026	0.026	0.026	0.025	20,584	5	0.02575	375	50	1.6171
40	10	60	110	160	0.029	0.028	0.026	0.027	20,584	5	0.0275	385	50	1.727



Lampiran 4. Data Lapangan Konfigurasi Wenner Mapping Lintasan 4

No	Elektroda								I(mA)	n	Rata-Rata R	Datum	Spasi	ρ
	C1	P1	P2	C2	1	2	3	4						
1	0	10	20	30	0.09	0.09	0.091	0.091	20.582	1	0.0905	15	10	5.6834
2	10	20	30	40	0.085	0.085	0.085	0.084	20.583	1	0.08475	25	10	5.3223
3	20	30	40	50	0.102	0.101	0.102	0.101	20.583	1	0.1015	35	10	6.3742
4	30	40	50	60	0.11	0.11	0.11	0.11	20.583	1	0.11	45	10	6.908
5	40	50	60	70	0.099	0.098	0.098	0.098	20.583	1	0.09825	55	10	6.1701
6	50	60	70	80	0.113	0.113	0.113	0.113	20.583	1	0.113	65	10	7.0964
7	60	70	80	90	0.086	0.086	0.086	0.086	20.584	1	0.086	75	10	5.4008
8	70	80	90	100	0.092	0.092	0.092	0.092	20.583	1	0.092	85	10	5.7776
9	80	90	100	110	0.074	0.074	0.074	0.073	20.584	1	0.07375	95	10	4.6315
10	90	100	110	120	0.075	0.075	0.075	0.075	20.584	1	0.075	105	10	4.71
11	100	110	120	130	0.085	0.084	0.083	0.083	20.584	1	0.08375	115	10	5.2595
12	110	120	130	140	0.071	0.071	0.071	0.07	20.584	1	0.07075	125	10	4.4431
13	120	130	140	150	0.081	0.081	0.08	0.08	20.584	1	0.0805	135	10	5.0554
14	130	140	150	160	0.076	0.075	0.076	0.075	20.584	1	0.0755	145	10	4.7414
15	100	120	140	160	0.056	0.045	0.047	0.048	20.583	2	0.049	30	20	3.5482
16	90	110	130	150	0.081	0.049	0.049	0.056	20.583	2	0.05875	40	20	4.0192
17	80	100	120	140	0.052	0.052	0.052	0.052	20.584	2	0.052	50	20	3.8936
18	70	90	110	130	0.049	0.05	0.049	0.049	20.584	2	0.04925	60	20	4.0192
19	60	80	100	120	0.051	0.05	0.051	0.05	20.584	2	0.0505	70	20	3.7837
20	50	70	90	110	0.054	0.055	0.055	0.054	20.584	2	0.0545	80	20	3.4226
21	40	60	80	100	0.062	0.059	0.06	0.06	20.584	2	0.06025	90	20	3.1714
22	30	50	70	90	0.075	0.06	0.059	0.062	20.584	2	0.064	100	20	3.0929
23	20	40	60	80	0.062	0.062	0.063	0.061	20.584	2	0.062	110	20	3.2656

24	10	30	50	70	0.063	0.065	0.064	0.064	20.584	2	0.064	120	20	3.6895
25	0	20	40	60	0.055	0.058	0.057	0.056	20.584	2	0.0565	130	20	3.0772
26	0	30	60	90	0.042	0.04	0.04	0.04	20.584	3	0.0405	145	30	2.5434
27	10	40	70	100	0.045	0.046	0.045	0.045	20.584	3	0.04525	155	30	2.8417
28	20	50	80	110	0.045	0.043	0.043	0.043	20.584	3	0.0435	165	30	2.7318
29	30	60	90	120	0.038	0.041	0.041	0.04	20.584	3	0.04	175	30	2.512
30	40	70	100	130	0.042	0.035	0.038	0.037	20.584	3	0.038	185	30	2.3864
31	50	80	110	140	0.036	0.037	0.037	0.036	20.584	3	0.0365	195	30	2.2922
32	60	90	120	150	0.037	0.037	0.037	0.037	20.585	3	0.037	205	30	2.3236
33	70	100	130	160	0.04	0.039	0.039	0.039	20.585	3	0.03925	215	30	2.4649
34	40	80	120	160	0.03	0.03	0.029	0.029	20.584	4	0.0295	260	40	2.198
35	30	70	110	150	0.035	0.035	0.033	0.037	20.584	4	0.035	270	40	2.1823
36	20	60	100	140	0.053	0.029	0.031	0.036	20.584	4	0.03725	280	40	2.3393
37	10	50	90	130	0.034	0.035	0.036	0.034	20.585	4	0.03475	290	40	2.198
38	0	40	80	120	0.045	0.03	0.031	0.034	20.584	4	0.035	300	40	1.8526
39	0	50	100	150	0.031	0.034	0.026	0.029	20.585	5	0.03	375	50	1.884
40	10	60	110	160	0.027	0.027	0.027	0.027	20.585	5	0.027	385	50	1.6956





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

KARTU BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Nailatul Muna
NIM : 12640063
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Fisika
Judul : Penentuan Zona Intrusi Air Laut Daerah Pantai Selatan Banyuwangi Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis (Studi Kasus Desa Sumberasri Kecamatan Purwoharjo Kabupaten Banyuwangi)
Pembimbing I : Irjan, M. Si
Pembimbing II : Erika Rani, M. Si

No.	Tanggal	Materi	Tanda Tangan Pembimbing
1	10 Maret 2016	Pengajuan Judul dan Persetujuan Judul	
2	16 Maret 2016	Konsultasi BAB I, II dan III	
3	31 Maret 2016	ACC BAB I, II dan III	
4	12 oktober 2016	Konsultasi BAB IV	
5	21 Oktober 2016	Konsultasi BAB IV	
6	4 Nopember 2016	Konsultasi BAB IV	
7	8 November 2016	Konsultasi BAB IV	
8	16 November 2016	Konsultasi BAB IV dan V	
9	25 November 2016	Konsultasi Kajian Al-Quran BAB I, II,III dan IV	
10	29 November 2016	Konsultasi Kajian Al-Quran BAB I, II,III dan IV	
11	30 November 2016	Konsultasi BAB IV dan V	
12	22 Desember 2016	ACC Keseluruhan	
13	22 Desember 2016	Konsultasi Kajian Al-Quran BAB I, II,III dan IV	
14	23 Desember 2016	ACC Kajian Al-Quran BAB I, II,III dan IV	

Malang, Januari 2017

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009