

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS KONFIGURASI DIPOL-DIPOL DALAM
PENDUGAAN PENYEBARAN INTRUSI AIR LAUT
(STUDI KASUS DAERAH DUSUN BAJULMATE DESA
GAJAHREJO, KEC. GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)**

SKRIPSI

Oleh:

MUHAMMAD ABIYU FARRAS

155090707111004



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS KONFIGURASI DIPOL-DIPOL DALAM
PENDUGAAN PENYEBARAN INTRUSI AIR LAUT
(STUDI KASUS DAERAH DUSUN BAJULMATI, DESA
GAJAHREJO, KEC. GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik dalam bidang Teknik Geofisika

Oleh:

MUHAMMAD ABIYU FARRAS

155090707111004



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2019

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN
JENIS KONFIGURASI DIPOL-DIPOL DALAM
PENDUGAAN PENYEBARAN INTRUSI AIR LAUT
(STUDI KASUS DAERAH DUSUN BAJULMATI DESA
GAJAHREJO, KEC. GEDANGAN, KABUPATEN MALANG)

Oleh:

MUHAMMAD ABIYU FARRAS

15509070711004

Setelah dipertahankan di depan Majelis Pengujii
pada tanggal
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
dalam bidang Teknik Geofisika

Pembimbing II

Pembimbing I

(Drs. Didik Yudianto, M.Si)

(Dr. Ir. Wiyono, M.Si)

NIP. 196904251994121001

NIP. 195802101983031001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika

Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

(Prof. Dr. rer. Nat. Muhammad Nurhuda)

NIP. 196004211988021001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Abiyyu Farras

NIM : 155090707111004

Jurusan/Prodi : Fisika/T. Geofisika

Penulis Skripsi Berjudul :

**Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-dipol
dalam Pendugaan Penyebaran Intrusi Air Laut**

**(Studi Kasus Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec.
Gedangan, Kabupaten Malang)**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi Skripsi yang saya susun adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Karya-karya dari nama-nama yang tercantum di daftar pustaka digunakan semata-mata sebagai referensi atau acuan.
2. Apabila pada kemudian hari ternyata Skripsi yang saya susun terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung semua resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan segala kesadaran.

Malang, 21 Oktober 2019

Yang menyatakan,

Muhammad Abiyyu Farras

155090707111004



APPLICATION OF RESISTIVITY METHOD USING DIPOL-DIPOL CONFIGURATION IN THE ADVANCE OF SEA-WATER INTRUSION (CASE STUDY IN BAJULMATI, GAJAHREJO VILLAGE, GEDANGAN, MALANG REGENCY)

ABSTRACT

The development of tourism, industry, companies, trade, agriculture and population growth in Bajulmati are increasing, resulting in an imbalance in the groundwater cycle which triggers the decline in groundwater levels and causes intrusion. Based on this description, it is necessary to study which aims to determine the description of subsurface structures and the estimation of seawater intrusion in the study area through the interpretation of anomalous profile section.

Measurement or data acquisition was carried out in Bajulmati, first by randomly collecting residents well water samples and secondly, acquisition on 6 tracks using dipole-dipole configuration of resistivity method, with 10 m of electrode spacing and line lengths ranging from 140 m to 300 m. The well water obtained was tested for its salinity and the resistance data obtained then inversion with Res2DInv software which resulting a cross section of the two-dimensional type of resistance. The inversion results are then represented in a three dimensional model.

The inversion results obtained resistivity values in the range of 0,2 Ω m to 1806,25 Ω m with Intrusion Affected Areas (0,2-4 Ω m), Sandy Sand Layers (4-30 Ω m), Clay Layers (30-200 Ω m), and Limestone Layers (200-1806,25 Ω m). It was found that areas affected by intrusion on lines A, B, and C were thought to be from the coast and rivers. Sea water intrusion in the Bajulmati was triggered by the movement of sea water and the decline in ground water level so that sea water can enter the permeable layer and contaminate ground water, distance and height of the sub-village which are other supporting factors of the intrusion.

Keywords: Bajulmati, Sea Water Intrusion, Resistivity, Dipole-Dipole Configuration

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul berjudul “Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-Dipol dalam Pendugaan Penyebaran Intrusi Air Laut (Studi Kasus Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec. Gedangan, Kabupaten Malang)“ ini.

Penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat Program Strata I pada Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Fisika di Universitas Brawijaya, Malang. Penulis menyadari, berhasilnya studi dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis, sehingga pada kesempatan ini penulis menghaturkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, kakak, dan adik-adik, serta seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Wiyono M.Si., selaku dosen pembimbing satu yang menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Drs. Didik Yudianto, M.Si., selaku dosen pembimbing dua yang turut memberikan waktu, tenaga, dan pikiran dalam mengarahkan penulis selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. rer. Nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya
5. Bapak Drs. Alamsyah M. Juwono, Msc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Brawijaya.
6. Abrorul Amin dan Andriyanto Dwi Nugroho selaku saudara yang tak pernah saya harapkan tetapi saya miliki yang telah bersama memulai, menemani, membantu, mengarahkan, dan menyelesaikan proses perencanaan, pengambilan data, hingga proses penulisan skripsi.
7. Mahathir Wiaam Pranata yang terus membantu dan memberikan semangat sepanjang proses perencanaan, pengambilan data, hingga penulisan skripsi.

8. Dipta Alfian Rinaldi, Chandra Gita Perwira, dan Aditya Nur Ramadhan yang telah membantu proses pengambilan data.

9. Tania Febriola Rachinawati, Fegi Francisca Reski, Surinah, Choiratul Affafiyani Mahrom, Wiardirda Febriarahma H. M., Abrorul Amin, Andriyanto Dwi Nugroho, Mahathir Wiaam Pranata dan Yusuf Pratama anggota Cuy yang telah memberikan semangat pada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

10. Nurul Fatin, Rahmat Hidayat, Feby Sisilia Watu, dan Fani Yuanita Pratiwi selaku sahabat penulis yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan penulisan skripsi.

11. Seluruh masyarakat Dusun Bajulmati yang telah menerima penulis dengan baik pada saat pengambilan data.

12. Teman-teman Mahasiswa Program Studi Teknik Geofisika angkatan 2015 yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

13. Semua staff pengajar, administrasi, dan rumah tangga Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

14. Seluruh Civitas Akademika Teknik Geofisika, Universitas Brawijaya yang telah membantu penulis secara langsung dan tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

15. Semua pihak yang menanyakan kapan penulis lulus.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat dimanfaatkan dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan. Demikian beberapa patah kata yang dapat penulis sampaikan. Terimakasih atas perhatiannya.

Malang, 21 Oktober 2019

Penulis

BAB III METODE PENELITIAN 29

- 3.1. Waktu dan Tempat 29
- 3.2. Materi Penelitian 29
- 3.3. Prosedur Penelitian 31
- 3.4. Diagram Alir Penelitian 38

BAB IV HASIL & PEMBAHASAN 39

- 4.1. Hasil Uji Salinitas Air Sumur 39
- 4.2. Analisa Penampang Resistivitas 2D Daerah Penelitian 41
- 4.3. Analisa Model Resistivitas 3D Daerah Penelitian 71

BAB V PENUTUP 87

- 5.1. Kesimpulan 87
- 5.2. Saran 88

DAFTAR PUSTAKA 89

LAMPIRAN 93

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Fisiografi Jawa Timur (Bemellen, 1949)..... 6

Gambar 2.2 Peta Geologi Regional Dusun Bajulmati (P3G, 1992)..... 8

Gambar 2.3 Air Tanah dalam Siklus Hidrologi..... 11

Gambar 2.4 Hubungan Antara Air Tawar dengan Air Asin..... 12

Gambar 2.5 Bagan pada saat Kondisi Normal dan Intrusi Air Laut..... 13

Gambar 2.6 Medium Homogen Isotropis dialiri Listrik (Adhi, 2007) .. 15

Gambar 2.7 Aliran arus dari satu sumber arus dalam Bumi..... 16

Gambar 2.8 Dua titik arus yang berlawanan polaritasnya..... 17

Gambar 2.9 Susunan elektroda arus dan potensial..... 17

Gambar 2.10 Resistivitas Semu (Zohdy dkk., 1980)..... 19

Gambar 2.11 Resistivitas semu sebagai fungsi bentangan..... 20

Gambar 2.12 Contoh kurva Tahanan Jenis..... 21

Gambar 2.13 Silinder Konduktor (Telford dkk., 1976)..... 22

Gambar 2.14 Konfigurasi *Dipole-Dipole* (Andriyani dkk., 2010)..... 26

Gambar 2.15 Variasi Harga n terhadap Kedalaman Pengukuran..... 27

Gambar 3.1 Rancangan Penelitian..... 32

Gambar 3.2 Lokasi Sumur..... 34

Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian..... 38

Gambar 4.1 Desain Survei Daerah Penelitian..... 40

Gambar 4.2 Penampang Dua Dimensi Lintasan A..... 42

Gambar 4.3 Penggolongan Litologi Penampang 2D Lintasan A..... 44

Gambar 4.4 Penampang 2D Zona Intrusi Lintasan A..... 45

Gambar 4.5 Penampang 2D Lintasan B..... 47

Gambar 4.6 Penggolongan Litologi Penampang 2D Lintasan B..... 49

Gambar 4.7 Penampang 2D Zona Intrusi Lintasan B..... 51

Gambar 4.8 Penampang 2D Lintasan C..... 53

Gambar 4.9 Penggolongan Litologi Penampang 2D Lintasan C..... 55

Gambar 4.10 Penampang 2D Zona Intrusi Lintasan C..... 57

Gambar 4.11 Penampang 2D Lintasan D..... 60

Gambar 4.12 Penggolongan Litologi Penampang 2D Lintasan D..... 62



Gambar 4.13 Penampang 2D Lintasan E 64

Gambar 4.14 Penggolongan Litologi Penampang 2D Lintasan E..... 66

Gambar 4.15 Penampang 2D Lintasan F 68

Gambar 4.16 Penggolongan Litologi Penampang 2D Lintasan F 70

Gambar 4.17 Model Resistivitas 3D Terdampak Intrusi Air Laut 72

Gambar 4.18 Diagram Fence Resistivitas 3D *Line A, B, C, dan F* 75

Gambar 4.19 Diagram Fence Vertikal Model Resistivitas 3D 77

Gambar 4.20 Diagram Fence Horizontal 3D (21 hingga 12 Mdpl) 79

Gambar 4.21 Diagram Fence Horizontal 3D (09 hingga 0 Mdpl) 80

Gambar 4.22 Peta Zonasi Persebaran Daerah Terdampak Intrusi 85



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Salinitas Fluida 14

Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Beberapa Material di Bumi 25

Tabel 3.1 Profil Lintasan Pengukuran Daerah Penelitian 34

Tabel 3.2 Profil Lokasi dan Kepemilikan Sumur 35

Tabel 4.1 Hasil Uji Salinitas Sampel Air dengan Refraktometer 39

Tabel 4.2 Salinitas Fluida 40

Tabel 4.3 Penggolongan Nilai Resistivitas 41

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.1 Hasil Uji Salinitas Sampel Sumur.....93

Lampiran 2.1 Proses Akuisisi Data.....94

Lampiran 2.2 Kontrol Kualitas Data.....94

Lampiran 2.3 Persiapan Akuisisi Data.....95

Lampiran 2.4 Botol Sampel Sumur untuk Uji Salinitas.....95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah Dusun Bajulmati dan sekitarnya di Propinsi Jawa Timur terletak pada daerah strategis, sehingga dapat dikembangkan menjadi kawasan Pariwisata, Industri dan Pemukiman. Berdasarkan hasil pengamatan langsung pada dusun, dari tahun ke tahun perkembangan pariwisata, industri, perusahaan, perdagangan, pertanian dan pertambahan jumlah penduduk di Dusun Bajulmati semakin meningkat sehingga mengakibatkan peningkatan pula pada kebutuhan air bersih layak pakai. Pada saat ini hanya sebagian kecil dari jumlah seluruh kebutuhan air bersih yang dapat disediakan dari air sumur, sedangkan sisanya dipasok dari air tanah yang diusahakan oleh penduduk setempat maupun oleh PDAM.

Menurut Delinom (2007), adanya eksploitasi air tanah secara besar-besaran dari tahun ke tahun tanpa diimbangi dengan pembentukan air tanah serta banyaknya pemukiman warga yang berada di daerah resapan mengakibatkan ketidakseimbangan siklus air tanah yang memicu turunnya permukaan air tanah.

Di daerah pesisir, penurunan air tanah dapat menyebabkan intrusi atau perembesan air laut ke daratan karena tekanan air tanah menjadi lebih kecil dibandingkan tekanan air laut. Migrasi air laut ke daratan merupakan salah satu faktor yang dapat mengganggu kualitas air tanah. Air bersih yang diperoleh dari air tanah yang mulanya memiliki kualitas air bersih layak minum mengalami penurunan kualitas dikarenakan sudah terkontaminasi dengan air laut (Pryambodo dan Supriyadi, 2015).

Selain adanya penurunan kualitas air layak minum, air tanah yang terkena intrusi air laut dapat menyebabkan korosi pada pondasi bangunan apabila dalam proses pembangunan menggunakan air tanah yang terintrusi oleh air laut. Intrusi air laut menimbulkan dampak yang sangat luas terhadap berbagai aspek kehidupan

sehingga perlu dilakukan kajian tentang intrusi air laut di Dusun Bajulmati.

Kawasan Dusun Bajulmati yang dekat dengan bibir pantai diduga terkena intrusi air laut. Hal ini jelas dapat mengganggu kualitas air bersih di daerah pemukiman penduduk yang ada di sekitar Dusun Bajulmati.

Berdasarkan gambaran tersebut maka perlu dilakukan kajian untuk mengetahui sejauh mana intrusi air laut itu terjadi maka perlu dilakukan identifikasi intrusi air laut dengan menggunakan metode tahanan jenis dengan konfigurasi dipol-dipol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan dan pendugaan intrusi air laut di daerah penelitian melalui interpretasi profil anomali penampang dan model tahanan jenis.

Metode tahanan jenis pada prinsipnya bekerja dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus sehingga menimbulkan beda potensial. Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda dapat digunakan untuk menurunkan variasi harga tahanan jenis lapisan di bawah titik ukur (*sounding point*). Metode ini lebih efektif dan cocok digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, karena jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 kaki atau 1500 kaki (Yulianingrum, 2011).

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai pendugaan intrusi air laut dengan menggunakan metode resistivitas tahanan jenis oleh Cristi dan Kerista (2013) di daerah Desa Lubuk Saban, Provinsi Sumatra Utara yang berjarak 35 m dari bibir pantai, pengukuran dilakukan dengan konfigurasi dipol-dipol dengan hasil daerah tersebut terdampak intrusi dengan nilai $0,5 \Omega\text{m}$ hingga $5 \Omega\text{m}$ diduga sebagai lapisan yang terdampak intrusi.

Telah dilakukan pula penelitian mengenai intrusi air laut menggunakan metode resistivitas tahanan jenis juga di Pantai Bajulmati oleh Ulfa, Suaidi, dan Sujito (2014) dengan hasil daerah

Pantai Bajulmati terdampak intrusi pada kedalaman 3,88 m hingga 21,5 m dengan nilai tahanan jenis lapisan terdampak intrusi mulai 0,00076 Ω m hingga 10,1 Ω m. Penelitian ini dilakukan di Pantai Bajulmati yang jaraknya sangat dekat dengan bibir pantai ± 50 m, dimana cukup jauh dari daerah pemukiman yang berjarak ± 900 m dari bibir pantai.

Melalui analisis struktur perlapisan bawah permukaan berdasarkan nilai resistivitas, dapat diketahui jenis-jenis tanah atau batuan yang menyusun perlapisan tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan langsung pada daerah penelitian dan penelitian-penelitian sebelumnya, hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian mengenai Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-Dipol dalam Pendugaan Penyebaran Intrusi Air Laut di Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec. Gedangan, Kabupaten Malang.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana lapisan bawah permukaan di Daerah Penelitian berdasarkan nilai tahanan jenis menggunakan konfigurasi dipol-dipol?
2. Bagaimana nilai tahanan jenis lapisan bawah permukaan yang diduga terkena intrusi air laut?
3. Bagaimana penyebaran intrusi air laut yang terjadi pada lapisan bawah permukaan Daerah Penelitian?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui lapisan bawah permukaan di Daerah Penelitian berdasarkan nilai tahanan jenis menggunakan konfigurasi dipol-dipol.
2. Mengetahui nilai tahanan jenis lapisan yang diduga terkena intrusi air laut.
3. Mengetahui adanya penyebaran intrusi air laut yang terjadi pada lapisan bawah permukaan Daerah Penelitian.



1.4. Batasan Masalah

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi dipol-dipol pada daerah penelitian yaitu di Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec. Gedangan, Kabupaten Malang.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang keadaan lingkungan di daerah penelitian khususnya di Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec. Gedangan, Kabupaten Malang..
2. Memberikan informasi bagi pemerintah dan masyarakat setempat mengenai struktur bawah permukaan apabila berpotensi menyebarnya intrusi air laut, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai literatur pendukung dalam mengatasi dan mencegah terjadinya penyebaran intrusi air laut pada daerah penelitian.
3. Sebagai bahan masukan bagi peneliti dalam mengembangkan penelitian tentang intrusi air laut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

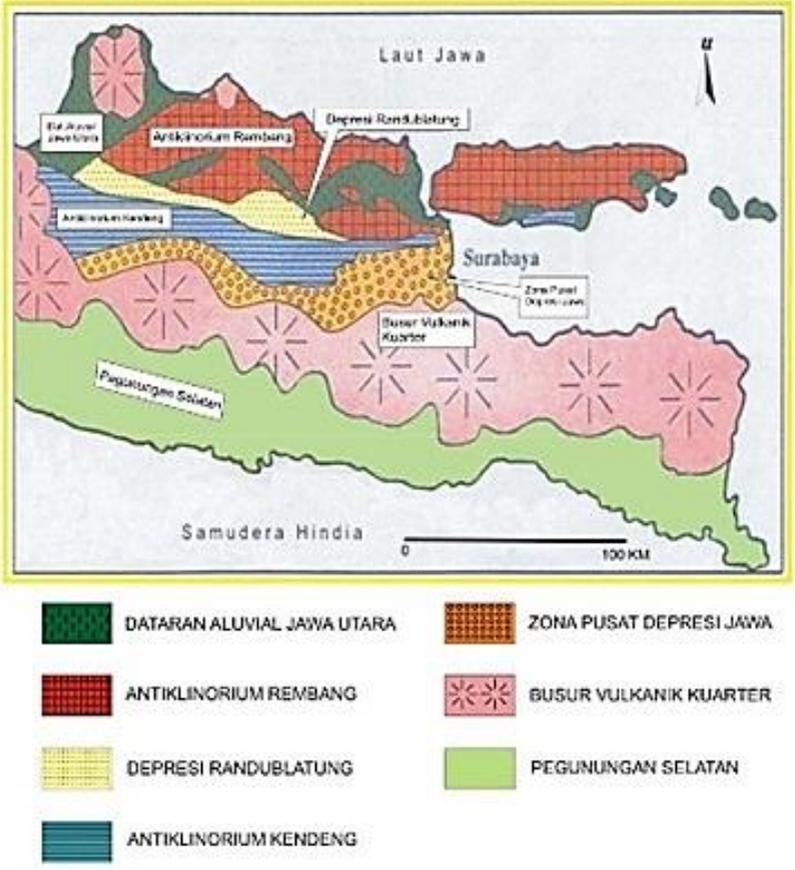
2.1. Geologi Daerah Penelitian

Secara geografis Desa Gajahrejo terletak pada posisi $7^{\circ}21' - 7^{\circ}31'$ Lintang Selatan dan $110^{\circ}10' - 111^{\circ}40'$ Bujur Timur. Topografi ketinggian Desa Gajahrejo adalah berupa daratan sedang yaitu 156 m di atas permukaan air laut. Desa Gajahrejo terletak di wilayah kecamatan Gedangan Kabupaten Malang dengan posisi dibatasi oleh wilayah desa-desa tetangga. Sebelah Utara berbatasan dengan Desa Gedangan, sebelah Barat berbatasan dengan Desa Sindurejo, di Selatan berbatasan dengan Samudera Indonesia, sedangkan di Timur berbatasan dengan Desa Sidodadi. Desa Gajahrejo terdapat empat dusun yaitu Dusun Krajan, Dusun Sumber Lele, Dusun Ardimulyo dan Dusun Bajulmati (Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Malang, 2018).

Dusun Bajulmati merupakan dusun yang terletak paling selatan berbatasan langsung dengan pantai selatan, Dusun Bajulmati sendiri merupakan dusun dengan jumlah penduduk yang paling sedikit diantara dusun lainnya, tetapi seiring berjalannya waktu dan berkembangnya dusun menjadi salah satu destinasi wisata, jumlah pemukiman dan industri semakin banyak. Menurut Dinas Komunikasi dan Informatika Kabupaten Malang (2018), sekitar 60% bagian dari Dusun Bajulmati merupakan pegunungan, kebun, dan sawah penduduk, 40% sisanya merupakan daerah pemukiman dan lahan-lahan yang dimanfaatkan untuk industri. Dusun Bajulmati secara umum mempunyai ciri geologis berupa lahan tanah hitam yang sangat cocok sebagai lahan pertanian dan perkebunan.

Berdasarkan kenampakan citra satelit dan *Shuttle Radar Topography Mission*, dusun Bajulmati memiliki banyak profil kontur yang rapat, hal ini dikarenakan dusun Bajulmati sebagian besar wilayahnya terdiri dari wilayah perbukitan. Dusun Bajulmati merupakan dusun yang subur, terlihat dari banyaknya tanaman perkebunan yang melimpah di perbukitan dan sawah yang banyak

pada dataran rendahnya, hal ini menunjukkan bahwa lapisan tanah pada dusun yang subur.



Gambar 2.1. Fisiografi Jawa Timur (Bemellen, 1949)

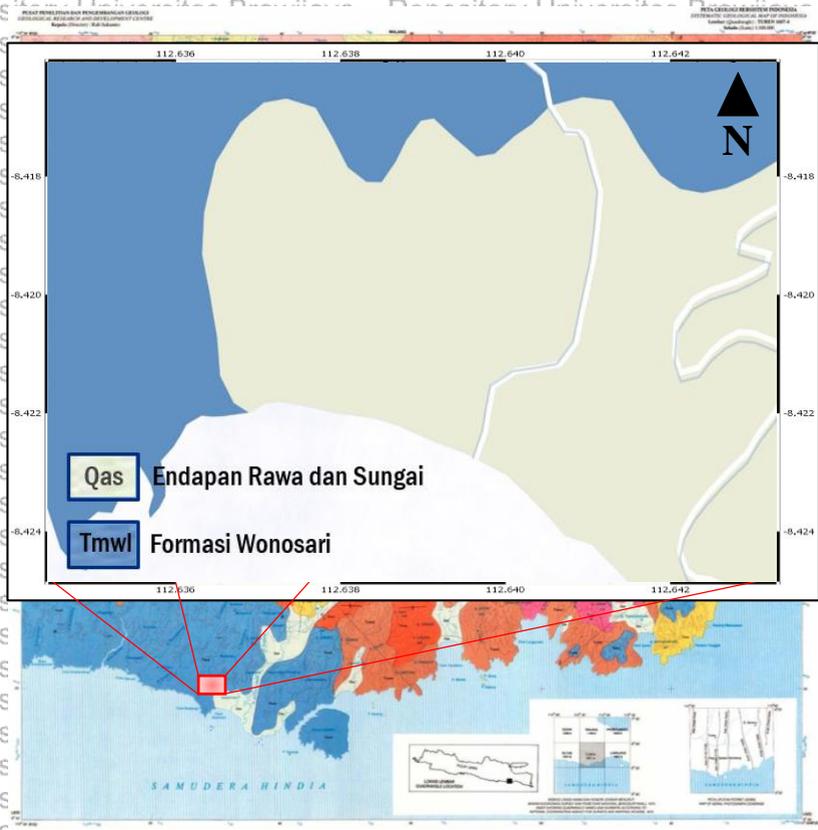
Pembagian zona fisiografi Jawa yang dibuat oleh Van Bemmelen (1949) pada dasarnya juga mencerminkan aspek struktur dan stratigrafinya (tektonostratigrafi). Berdasarkan aspek struktur dan stratigrafi, Smyth (2005) membagi Jawa bagian timur menjadi empat zona tektonostratigrafi, dari selatan ke utara: Zona Pegunungan Selatan (*Southern Mountain Zone*), Busur Vulkanik masa kini (*Present-day Volcanic Arc*), Zona Kendeng (*Kendeng Zone*), dan Zona Rembang (*Rembang Zone*)

Berdasarkan peta fisiografi Jawa Timur menurut Van Bemmelen (1949), daerah penelitian termasuk dalam Pegunungan Selatan.

Zona Pegunungan Selatan (*Southern Mountain Zone*) merupakan busur vulkanik Eosen-Miosen yang endapannya terdiri dari batuan-batuan siliklastik, vulkaniklastik, vulkanik dan karbonat dengan kedudukan umum perlapisannya miring ke selatan. Zona Pegunungan Selatan dialasi secara tidak selaras oleh batuan dasar berumur, Kapur seperti yang tersingkap di daerah Karangsambung dan Bayat. Batuan sedimen tertua yang diendapkan di atas ketidakselarasan menyudut terdiri dari konglomerat berfragmen, Batuan dasar dan batupasir seperti yang terdapat dalam Formasi Nanggulan dan Formasi Wungkal-Gamping yang berumur Eosen Tengah. Di atas konglomerat dan batupasir kuarsa terdapat endapan bersekuen transgresif yang terdiri dari batubara, batupasir dan batulanau. Pada Formasi Nanggulan, batupasir pada bagian atas mengandung material vulkanik dan sisipan batulempung tufaan. Kehadiran lapisan batugamping numulit menandai dimulainya pengendapan di lingkungan lautan. Setelah periode ketika vulkanisme Oligo-Miosen jauh berkurang aktifitasnya, bahkan mati, kemudian tererosi dan materialnya diendapkan kembali sebagai sekuen endapan berikutnya (Smyth, 2005).

Disamping itu sekuen endapan berikutnya juga dicirikan oleh perkembangan paparan karbonat yang luas seperti yang dijumpai di daerah Wonosari (Formasi Wonosari) dan Pacitan (Formasi Punung dan Formasi Campurdarat). Endapannya mencapai ketebalan sekitar 500 m dan terumbu berkembang pada daerah-daerah tinggian yang dibatasi sesar atau di daerah-daerah bekas gunung api. Pada daerah Jawa Timur tidak ditemukan adanya batuan Basement, batuan basement ini ditemukan tersingkap pada bagian barat Jawa Timur yaitu di Kompleks Basement Karangsambung dan Bukit Jiwo. Batuan yang tersingkap terdiri atas ofiolite dan potongan busur kepulauan. Zona yang terletak diantara Busur Vulkanik masa kini dan Zona Rembang ini merupakan deposenter utama endapan

Eosen-Miosen dan mengandung sekuen yang tebal sedimen volkanogenik dan pelagik. Zona ini sekarang merupakan lajur lipatan dan sesar anjakan berarah barat-timur (Smyth, 2005).



Gambar 2.2 Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1992)

Berdasarkan peta geologi regional Daerah Penelitian pada Gambar 2.2, terlihat bahwa terdapat dua macam formasi yang ada pada daerah penelitian, yaitu Formasi Wonosari (Tmwl) dan Endapan Rawa dan Sungai (Qas). Formasi Wonosari secara umum tersusun oleh batugamping. Dengan penyusun berupa batugamping, batugamping napalan-tufan, batugamping konglomerat, batupasir tufan dan batulanau. Penyusun utama Formasi Wonosari berupa

batugamping berlapis dan *reefal-limestone*. Formasi Wonosari terutama tersusun oleh batugamping berlapis yang umumnya memiliki warna putih pada batuan yang segar dan putih kecoklatan pada batuan yang mengalami pelapukan. Sementara tanah hasil pelapukannya memperlihatkan warna kemerahan yang disebut dengan *terra rossa*. Formasi ini tersingkap baik di daerah Wonosari dan sekitarnya, dengan ketebalan lebih dari 800 meter. Sedangkan Endapan Rawa dan sungai termasuk endapan permukaan yang berumur kuartar, merupakan endapan yang paling muda di daerah pemetaan, yang berisi kerikil, pasir, lempung dan sisa tumbuhan.

2.2. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah didalam mintakat jenuh (*saturation zone*) dengan tekanan hidrostatik sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Kondisi air tanah dipengaruhi oleh iklim, kondisi geologi, geomorfologi dan penutupan lahan serta aktivitas manusia. Kondisi air tanah dapat diketahui dari kondisi akuifer. Akuifer adalah suatu lapisan batuan atau formasi geologi yang mempunyai struktur yang memungkinkan air untuk masuk dan bergerak melaluinya dalam kondisi normal (Todd, 1980).

Sebagian air tanah berasal dari air permukaan yang meresap masuk kedalam tanah dan membentuk suatu siklus hidrologi. Air tanah (*ground water*) air yang terdapat pada suatu lapisan batuan yang menyimpan dan meloloskan air yang disebut akuifer. Air tanah dapat dibedakan kedalam dua jenis yaitu air tanah bebas dan air tanah dalam.

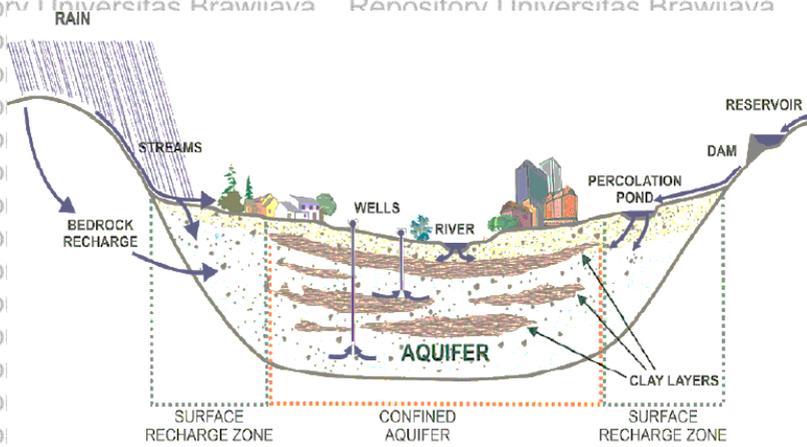
Selain itu dikenal pula air tanah magnetik (Vulkanik) yang mempunyai kedalaman sekitar 3-5 kilometer, air kosmik yang berasal dari meteorit, serta fosil atau *connate* yakni air yang terperangkap dalam suatu cekungan dimana proses terjadinya bersamaan dengan proses terjadinya proses sedimenasi yang berlangsung secara alami dalam waktu pembentukan yang cukup lama. Air tanah merupakan salah satu komponen dari suatu sistem peredaran air di alam yang disebut siklus hidrologi. Siklus hidrologi

sendiri adalah suatu proses siklus dan perubahan bentuk dari air di alam yang berlangsung secara terus menerus, baik air yang berada di laut, di atmosfer maupun yang berada di daratan.

Proses sirkulasi air di alam dan komponen-komponen yang berpengaruh didalamnya merupakan suatu proses berjalan secara alami dan berkesinambungan. Uap air dari permukaan tanah (danau, laut, sungai, kolam) dan transpirasi tumbuhan akan bergerak naik ke atmosfer oleh proses pendinginan dan kondensasi menjadi awan dan embun yang kemudian pada kondisi meteorologi tertentu terjadi proses presipitasi berupa hujan.

Sebagian air hujan menguap kembali sebelum mencapai permukaan tanah dan sebagian lainnya tertahan oleh tumbuhan sebagai intersepsi. Air hujan yang jatuh di permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah/batuan sebagai infiltrasi dan perkolasi yang kemudian tersimpan sebagai air tanah atau sebagai aliran bawah permukaan. Oleh berbagai proses geologi tertentu air tanah atau aliran bawah permukaan tersebut dapat muncul ke permukaan dalam bentuk rembesan ataupun sebagai mata air. Sebagian air hujan yang tidak meresap ke dalam tanah/batuan menjadi air limpasan yang selanjutnya mengisi danau, sungai, laut dan tubuh air permukaan lainnya. Sedangkan sebagian air yang berada di dalam tanah pada bagian atas maupun tubuh air permukaan dan tumbuhan akan menguap kembali sebagai evapotranspirasi (Asdak, 2007).

Menurut Kodoatie dan Sjarief (2006), pada proses sirkulasi air, volume air tanah di dalam zona penyimpanan akan selalu berubah, karena terjadinya proses pengikisan kembali (*recharge*) dan pengeluaran kembali (*discharge*). Pengisian kembali air tanah berasal dari peresapan air hujan, tubuh air permukaan dan disamping itu dikenal pula pengisian air tanah secara buatan. Besar volume pengisian kembali akan tergantung pada luasan daerah pengisian.



Gambar 2.3 Air Tanah dalam Siklus Hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2006)

Pengeluaran kembali terjadi apabila air tanah mengalir keluar dari zona penyimpanan seperti rembesan, mata air, dan pemompaan air tanah. Pemompaan atau pemanfaatan air tanah untuk berbagai keperluan baik keperluan rumah tangga, industri, pertanian, perikanan dan lain-lainnya menjadi sangat penting oleh karena itu pemenuhan kebutuhan dari sumber air permukaan sifatnya masih relatif terbatas. Namun hingga saat ini air tanah untuk keperluan rumah tangga masih lebih besar dibanding pemakai air lainnya (Kodoatie dan Sjarief, 2006).

2.3. Intrusi Air Laut

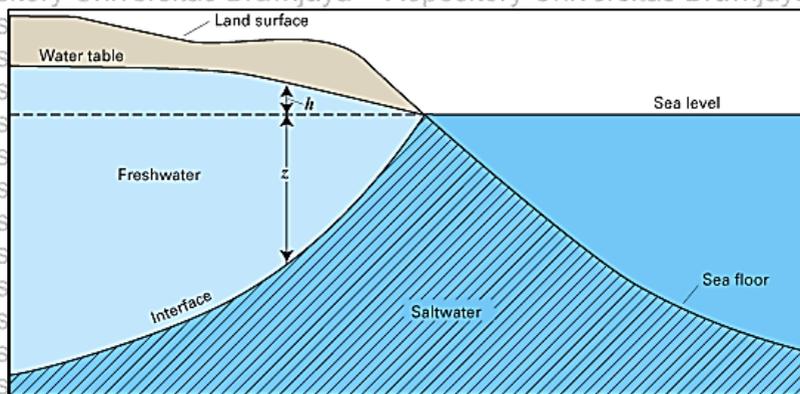
Intrusi air laut adalah masuk atau menyusupnya air laut ke dalam pori-pori batuan dan mencemari airtanah yang terkandung di dalamnya sehingga menyebabkan airtanah berubah menjadi air payau atau bahkan air asin (Putranto dan Kusuma, 2009). Dalam keadaan alami airtanah tawar mengalir ke lautan lewat akuifer-akuifer di daerah pantai yang berhubungan dengan lautan pada pantai yang menjorok ke laut. Tetapi karena meningkatnya kebutuhan akan air tawar, maka aliran airtanah tawar kearah 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.

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) 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.



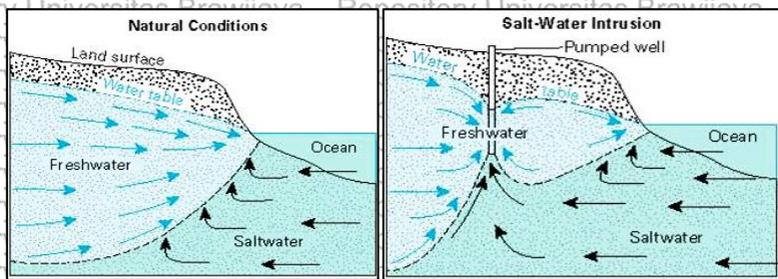
Gambar 2.4 Hubungan Antara Air Tawar dengan Air Asin (Barlow, 2003)

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 tahanan jenis.

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 (Purnama, 2000)

2.4. Salinitas

Salinitas adalah kadar seluruh ion-ion yang terlarut dalam air. Komposisi ion-ion pada air laut dapat dikatakan mantap dan didominasi oleh ion-ion tertentu seperti klorida, karbonat, bikarbonat, sulfat, natrium, kalsium dan magnesium. Pada Tabel 2.1 menyajikan klasifikasi air berdasarkan salinitas.

Tabel 2.1 Salinitas Fluida

Jenis Fluida	Kadar Salinitas (%)
Air Tawar	0 – 0,5
Air Payau	0,5 – 30
Air Garam	30 – 50
Air Asin	>50

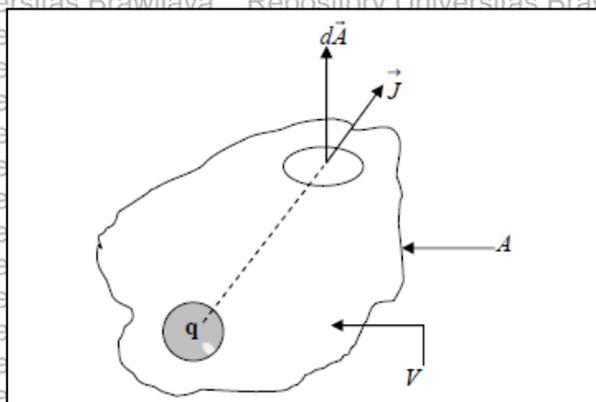
Sumber: *Chemiasoft*

2.5. Metode Tahanan Jenis

Metode geolistrik adalah suatu metode eksplorasi geofisika untuk mengetahui informasi bawah permukaan dengan menggunakan sifat-sifat kelistrikan batuan. Prinsip metode geolistrik yaitu dengan cara injeksi arus listrik ke dalam bumi melalui dua elektroda arus dan potensialnya diukur melalui dua elektroda potensial. Permukaan ekipotensial akan terbentuk di bawah titik tancapan arus tersebut. Pengasumsian bahwa bumi sebagai medium homogen isotropis dilakukan guna mengetahui bagaimana bentuk perjalanan arus pada permukaan ekipotensialnya (Hendrajaya dan Arif, 1990).

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Pembahasan dikhususkan pada metode geolistrik tahanan jenis. Pada metode geolistrik tahanan jenis, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus (terletak di luar konfigurasi). Beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial yang berada di dalam konfigurasi. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat ditentukan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur (Adhi, 2007).

Bumi diasumsikan sebagai medium yang homogen isotropis, maka perjalanan arus yang kontinu pada medium bumi dapat digambarkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Medium Homogen Isotropis dialiri Listrik (Adhi, 2007)

dengan $d\vec{A}$ adalah elemen luas dan \vec{j} adalah kerapatan arus listrik maka besarnya arus listrik (I) dirumuskan:

$$dI = \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad (2.1)$$

sedangkan menurut Hukum Ohm menghubungkan rapat arus \vec{j} (dalam *Ampere/meter*²) dengan medan listrik \vec{E} (dalam *Volt/meter*) yang ditimbulkannya dirumuskan sebagai berikut: (Hendrajaya dan Arif, 1990)

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (2.2)$$

dimana σ adalah konduktivitas (dalam *Siemens/meter*). Dalam bentuk yang identik dengan Hukum Ohm untuk rangkaian listrik sederhana ($V = IR$) persamaan (2.2) dapat dituliskan sebagai:

$$\vec{E} = \rho \cdot \vec{j} \quad (2.3)$$

jika medan listrik merupakan gradien potensial (\vec{V}) maka

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (2.4)$$

$$\vec{j} = -\sigma \cdot \nabla V \quad (2.5)$$

Jika di dalam medium yang dilingkupi oleh permukaan A tidak terdapat sumber arus maka: (Hendrajaya dan Arif, 1990)



$$\int_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0 \tag{2.6}$$

menurut teorema *Gauss*, integral volume dari divergensi arus yang keluar dari volume (V) yang dilingkupi permukaan A adalah sama dengan jumlah total muatan yang ada di dalamnya (ruang V yang dilingkupi oleh permukaan tertutup A tersebut), sehingga (Hendrajaya dan Arif, 1990).

$$\int_0 \nabla \cdot \vec{J} dV = 0 \tag{2.7}$$

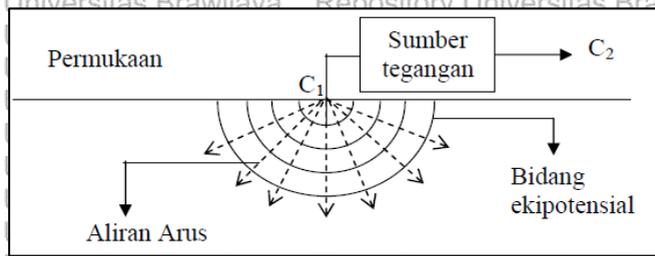
akibatnya:

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\nabla \cdot (\sigma \nabla V) = 0 \tag{2.8}$$

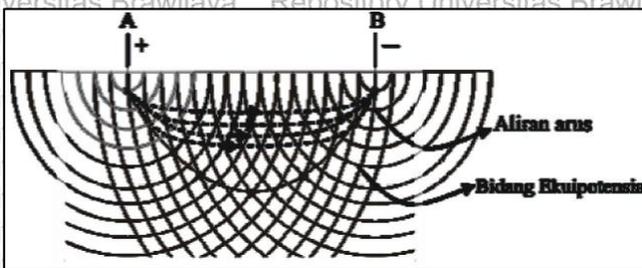
$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \tag{2.9}$$

jika konduktivitas listrik medium (σ) konstan maka suku pertama pada bagian kiri Persamaan (2.9) bernilai nol sehingga didapat persamaan *Laplace* atau potensial bersifat Harmonik (Hendrajaya dan Arif, 1990).

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0 \tag{2.10}$$

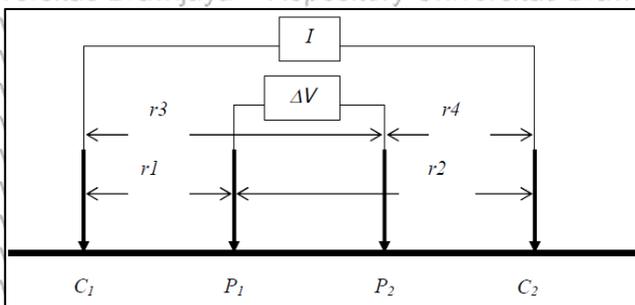


Gambar 2.7 Aliran arus dari satu sumber arus dalam Bumi yang homogen isotropis (Telford dkk., 1976) Pada Gambar 2.7 Sumber arus listrik titik yang berada di permukaan bumi akan merambat ke segala arah secara radial (berbentuk setengah permukaan bola) sehingga jumlah arus keluar melalui permukaan bola.



Gambar 2.8 Dua titik arus yang berlawanan polaritasnya di permukaan bumi (Telford dkk., 1976)

Dalam pengukuran di lapangan dua elektroda untuk mengalirkan arus C_1 dan C_2 dan beda potensialnya diukur antara 2 titik dengan dua elektroda potensial P_1 dan P_2



Gambar 2.9 Susunan elektroda arus dan potensial dalam pengukuran resistivitas (Telford dkk., 1976)

Dengan memasukkan nilai r fungsi jarak di atas, maka potensial di titik P_1 adalah (Telford dkk., 1976):

$$V_{p1} = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.11)$$

Dimana r_1 dan r_2 adalah jarak elektroda potensial P_1 terhadap elektroda-elektroda arus, sedangkan potensial di titik P_2 adalah :

$$V_{p2} = \frac{I \cdot \rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (2.12)$$

Dimana r_3 dan r_4 adalah jarak potensial P_2 terhadap elektroda-elektroda arus. Selisih potensial antara 2 titik itu :

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} \quad (2.13)$$

sehingga :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.14)$$

maka besarnya tahanan jenis semu adalah (Telford, dkk., 1976) :

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (2.15)$$

Dimana : ΔV = beda potensial antara P_1 dan P_2 (volt)

I = besarnya arus yang diinjeksikan melalui elektroda C_1 dan C_2 (ampere)

r_1 = jarak antara C_1 dan P_1 (meter)

r_2 = jarak antara C_2 dan P_1 (meter)

r_3 = jarak antara C_1 dan P_2 (meter)

r_4 = jarak antara C_2 dan P_2 (meter)

$$K = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \quad (2.16)$$

dimana K adalah faktor geometri yang berdimensi panjang (meter), yaitu letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus, mempengaruhi besar beda potensial terhadap letak kedua elektroda arus (Hendrajaya dan Arif, 1990).

Pengukuran geolistrik dengan metode resistivitas dilakukan dengann mengukur distribusi potensial listrik pada permukaan tanah, hingga resistivitas tanah dapat diketahui. Resistivitas listrik suatu bahan R berbentuk silinder akan berbanding langsung dengan panjang L dan berbanding terbalik dengan luas penampang A , seperti diberikan oleh (Zohdy dkk, 1980):

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.17)$$

Dimana:

ρ = Resistivitas Material (Ωm)

$R = \text{Tahanan } (\Omega)$

$L = \text{Panjang Material } (m)$

$A = \text{Luas Penampang Material } (m^2)$

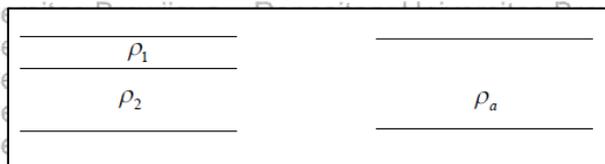
ρ adalah resistivitas listrik dari material, dimana R bernilai tetap dan merupakan karakteristik material yang tidak bergantung bentuk atau ukuran material tersebut. Sesuai dengan hukum Ohm nilai resistensi atau tahanan suatu bahan yaitu (Zohdy dkk, 1980):

$$R = \frac{\Delta V}{I} \quad (2.18)$$

Dimana ΔV adalah beda potensial, R adalah resistensi dan I adalah arus listrik yang melewati resistensi. Sehingga diperoleh persamaan (Zohdy dkk, 1980):

$$\rho = \frac{A}{L} \frac{\Delta V}{I} \quad (2.19)$$

Persamaan di atas dipergunakan untuk material yang homogen, sehingga hasil yang didapat adalah resistivitas sesungguhnya (Zohdy.dkk.,1980). Tapi pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan yang resistivitas (ρ) berbeda-beda, sehingga resistivitas terukur bukan merupakan resistivitas sebenarnya. Oleh sebab itu, nilai resistivitas yang diukur seolah-olah merupakan nilai resistivitas untuk satu lapisan saja (Gambar 2.6), terutama untuk spasi yang lebar, maka resistivitas yang terukur adalah resistivitas semu (ρ_a). Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. Seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Resistivitas Semu (Zohdy dkk., 1980)

Medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari 2 lapis dan mempunyai resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Dalam

pengukuran, medium ini terbaca sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu harga resistivitas yaitu resistivitas semu ρ_a . Resistivitas semu (*apparent resistivity* ρ_a) dirumuskan dengan (Adhi, 2007):

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2.20)$$

dimana:

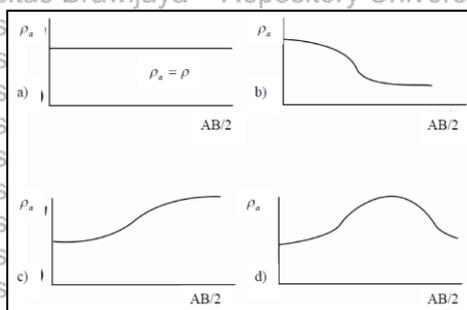
ρ_a : resistivitas semu (Ωm)

K : faktor geometri

ΔV : beda potensial pada MN (mV)

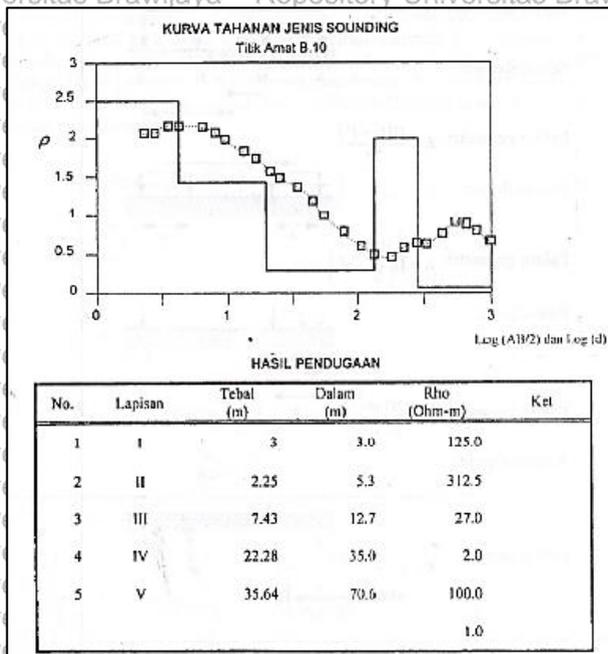
I : kuat arus (mA)

Resistivitas semu yang dihasilkan oleh setiap konfigurasi akan berbeda walaupun jarak antara elektrodanya sama. Untuk medium berlapis, nilai resistivitas semu ini akan merupakan jarak bentangan (jarak antara elektroda arus). Untuk jarak elektroda arus kecil akan memberikan ρ_a yang nilainya mendekati ρ batuan di dekat permukaan. Sedangkan untuk jarak bentangan yang besar ρ_a yang diperoleh akan mewakili nilai ρ batuan yang lebih dalam. Gambar 2.11 adalah contoh grafik resistivitas semu sebagai fungsi jarak antar elektroda arus (bentangan) (Waluyo dkk., 2005).



Gambar 2.11 Resistivitas semu sebagai fungsi bentangan: a) medium homogenya semi tak berhingga, b) medium 2 lapis ($\rho_2 > \rho_1$), c) medium lapis ($\rho_1 < \rho_2$), dan d) medium 3 lapis ($\rho_2 > \rho_1, \rho_3 < \rho_2$) (Waluyo dkk., 2005)

Dari hasil pengukuran di lapangan yang diperoleh adalah nilai tahanan jenis dan jarak antar elektroda. Jika nilai tahanan jenis diplot terhadap jarak antar elektroda dengan menggunakan grafik semilog diperoleh kurva tahanan jenis. Dengan menggunakan kurva standar yang diturunkan berdasarkan berbagai variasi perubahan nilai tahanan jenis antar lapisan secara ideal dapat ditafsirkan variasi nilai tahanan jenis terhadap kedalaman. Dengan cara ini ketebalan lapisan berdasarkan nilai tahanan jenisnya dapat diduga, dan keadaan lapisan-lapisan batuan di bawah permukaan dapat ditafsirkan. Contoh kurva tahanan jenis hasil pengukuran di lapangan dapat dilihat pada Gambar 2.12. Pada Gambar tersebut juga ditunjukkan hasil penafsiran yang diduga menghasilkan lengkung kurva tersebut. Dengan menyusun hasil pengukuran dari berbagai titik lokasi dapat dibuat penampang tahanan jenis sehingga dapat digunakan untuk keperluan eksplorasi maupun keteknikan. (Santoso, 2002).



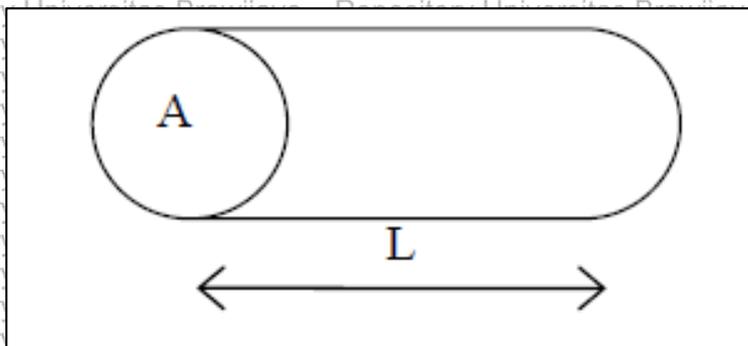
Gambar 2.12 Contoh kurva Tahanan Jenis dan hasil penafsiran ketebalan lapisannya (Santoso, 2002)

2.6. Sifat Kelistrikan Batuan

Menurut Telford dkk. (1976), aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

1. Konduksi secara elektronik

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



Gambar 2.13 Silinder Konduktor (Telford dkk., 1976)

Jika ditinjau silinder konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistansi R , maka dapat dirumuskan:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.21)$$

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

Sedangkan menurut hukum Ohm, resistansi R dirumuskan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.22)$$

dimana R adalah resistivitas (Ω), V adalah beda potensial (volt), I adalah kuat arus (ampere).

Dari kedua rumus tersebut didapatkan nilai resistivitas (ρ) sebesar :

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad (2.23)$$

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

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{IL}{VA} = \left(\frac{I}{A}\right) \left(\frac{L}{V}\right) = \frac{J}{E} \quad (2.24)$$

Dimana J adalah rapat arus (ampere/ m^2), E adalah medan listrik (volt/m).

2. Konduksi secara elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan konduktor yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Batuan-batuan tersebut menjadi konduktor elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas 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.

3. Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali. Tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi. Peristiwa ini tergantung pada konduksi dielektrik masing-masing batuan yang bersangkutan, contoh: mika.

2.7. Tahanan Jenis Batuan

Resistivitas pada batuan berbeda-beda. Pada mineral logam, nilainya berkisar antara $10^{-5} \Omega m$, batuan seperti gabbro dengan nilai berkisar pada $10^7 \Omega m$. Begitu pula pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan range resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga range resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari 1.6×10^{-8} (perak asli) hingga $10^{16} \Omega m$ (belerang murni) (Telford, 1982). Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-5} \Omega m$, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7 \Omega m$. Dan di antara keduanya adalah bahan semikonduktor. Di dalam konduktor, berisi banyak elektron bebas dengan mobilitas yang sangat tinggi. Sedangkan pada semikonduktor, jumlah elektron bebasnya lebih sedikit. Isolator dicirikan dengan ikatan ionik sehingga elektron-elektron valensi tidak bebas bergerak (Telford, 1982). Menurut Telford (1982) secara umum berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

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

Tabel 2.2 Nilai Resistivitas Beberapa Material di Bumi

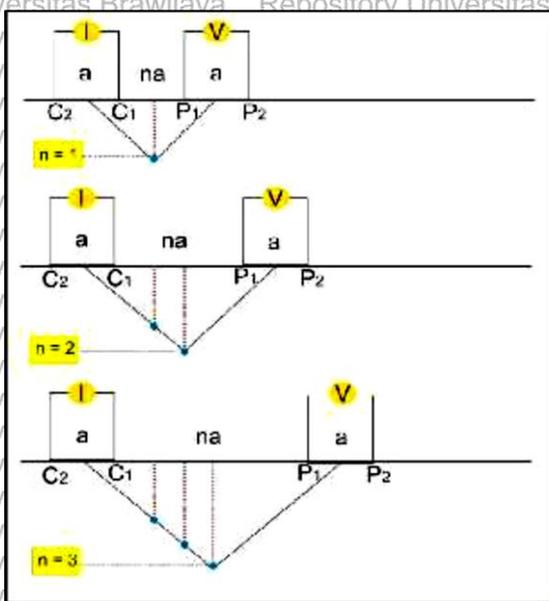
Material	Nilai Resistivitas (Ωm)
Air Permukaan	0,5 – 20
Air Laut	0,2 – 0,3
Udara	$2 \times 10^6 - 5 \times 10^7$
Alluvium	10 – 800
Lempung	1 – 100
Pasir	1 – 1.000
Batu Pasir	10 – 2.000
Batu Gamping	50 – 3.000
Basalt	200 – 100.000
Andesit	17 – 450.000
Pirit	0,01 – 100
Kuarsa	500 – 800.00
Kalsit	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$

Sumber: Telford (1982)

2.8. Konfigurasi Metode Tahanan Jenis *Dipole-Dipole*

Menurut Waluyo, sebagaimana dikutip oleh Andriyani dkk. (2010), pada konfigurasi *dipole-dipole*, kedua elektroda arus dan elektroda potensial terpisah dengan jarak a . Sedangkan elektroda arus dan elektroda potensial bagian dalam terpisah sejauh na , dengan n adalah bilangan bulat.

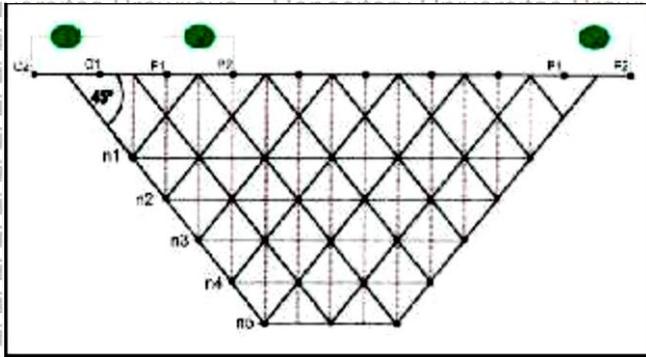
Menurut Rochadi (2009), rangkaian elektroda konfigurasi *dipole - dipole* dapat dilihat pada Gambar 2.14. Jarak antara pasangan elektroda arus adalah " a " yang besarnya sama dengan jarak pasangan elektroda potensial. Terdapat besaran lain dalam susunan ini, yakni " n ". Ini adalah perbandingan antara jarak elektroda arus potensial terdalam terhadap jarak antara kedua pasang elektroda arus atau potensial. Besarnya " a " dibuat tetap serta faktor " n " meningkat mulai dari 1 ke 2 ke 3 sampai sekitar 6 untuk meningkatkan kedalaman pengukuran.



Gambar 2.14 Konfigurasi *Dipole-Dipole* (Andriyani dkk., 2010)

Jarak antara elektroda a dan n adalah kelipatan bilangan bulat, didapat titik di bawah permukaan yang terdeteksi yakni kedalaman pengukuran. Data biasanya ditampilkan seperti pada Gambar 2.15. Sebuah titik data pada plot ini terdapat pada perpotongan garis yang ditarik dari pusat *dipole* elektroda, 45° terhadap horisontal. Ini berdasarkan asumsi bumi homogen. Besarnya kedalaman pengukuran bergantung pada harga n yang memberikan harga penyeimbangan antara elektroda arus dan elektroda potensial. Untuk beberapa macam harga n dapat dilihat seperti pada Gambar 2.15. Setiap susunan elektroda memiliki harga sensitivitas yang menunjukkan keakuratan data yang terukur berkenaan dengan besarnya faktor " n " yang digunakan. Harga sensitivitas terbesar umumnya terletak antara pasangan elektroda arus dan pasangan elektroda potensial. Ini menunjukkan bahwa susunan ini sangat sensitif terhadap perubahan resistivitas di bawah elektroda pada setiap pasang. Sering membesarnya faktor " n " harga sensitivitas tinggi semakin terkonsentrasi di bawah pasangan elektroda arus dan

potensial, sedangkan harga sensitivitas di bawah elektoda arus potensial terdalam semakin mengecil.



Gambar 2.15 Variasi Harga n terhadap Kedalaman Pengukuran (Andriyani dkk., 2010)

Maka susunan ini sangat sensitif terhadap perubahan resistivitas secara mendatar dan kurang sensitif terhadap perubahan resistivitas secara vertikal, maka susunan ini sangat bagus untuk memetakan struktur vertikal, namun relatif kurang baik dalam memetakan struktur horisontal seperti lapisan sedimen. Median kedalaman pengukuran untuk susunan ini bergantung pada harga " a " dan faktor " n ". Satu kekurangan yang mungkin dari susunan ini adalah kecilnya kekuatan sinyal untuk harga faktor " n " yang besar. Tegangan berbanding terbalik terhadap pangkat tiga faktor " n ".

Untuk menggunakan susunan ini dengan efektif, resistivimeter harus memiliki sensitivitas yang tinggi dan sirkuit penolak noise yang sangat baik, sebagaimana kontak elektroda dengan tanah yang harus baik. Penentuan besarnya harga " a " serta faktor " n " juga diupayakan secermat mungkin dengan pertimbangan ketepatan kedalaman pengukuran terhadap dimensi objek yang akan diteliti. Dengan upaya ini diharapkan titik data jatuh tepat pada objek yang diteliti.

Untuk memperoleh faktor geometri pemasangan elektrode *dipole-dipole* dengan memasukkan:

$$C_1 P_2 = a + na = a(n + 1) \quad (2.25)$$

$$C_1 P_1 = na \quad (2.26)$$

$$C_2 P_2 = a + na + a = a(n + 2) \quad (2.27)$$

$$C_2 P_1 = na + a = a(n + 1) \quad (2.28)$$

Dalam persamaan:

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{C_2 P_1} - \frac{1}{C_1 P_1} \right) - \left(\frac{1}{C_2 P_2} - \frac{1}{C_1 P_2} \right) \right]^{-1} \quad (2.29)$$

Sehingga diperoleh harga:

$$K = 2\pi \left[\frac{1}{a(n+1)} - \frac{1}{na} - \frac{1}{a(n+2)} + \frac{1}{a(n+1)} \right]^{-1} \quad (2.30)$$

$$K = 2\pi \left[\frac{2}{a(n+1)} - \frac{1}{na} - \frac{1}{a(n+2)} \right]^{-1} \quad (2.31)$$

$$K = 2\pi \left[\frac{2(n)(n+2) - (n+1)(n+2) - (n)(n+1)}{a(n)(n+1)(n+2)} \right]^{-1} \quad (2.32)$$

$$K = 2\pi \left[\frac{2n^2 + 4n - n^2 - 3n - 2 - n^2 - n}{a(n)(n+1)(n+2)} \right]^{-1} \quad (2.33)$$

$$K = 2\pi \left[\frac{-2}{a(n)(n+1)(n+2)} \right]^{-1} \quad (2.34)$$

$$K = \pi a(n)(n + 1)(n + 2) \quad (2.35)$$

Jadi untuk pemasangan elektrode *dipole-dipole* diperoleh hubungan antara resistivitas, beda potensial dan arus adalah sebagai berikut:

$$\rho a = \pi a n(n + 1)(n + 2) \frac{V}{I} \quad (2.36)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian mengenai Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-dipol dalam Pendugaan Penyebaran Intrusi Air Laut dimulai dengan melakukan pengambilan data (akuisisi) di Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec. Gedangan, Kabupaten Malang pada tanggal 06 hingga 24 April 2019, kemudian dilanjutkan pada tahap pengolahan, analisa hasil, dan penulisan laporan hingga 21 Oktober 2019 di Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Materi Penelitian

Dalam dilakukannya penelitian ini digunakan beberapa materi penelitian yang berupa, instrumentasi (alat dan bahan) yang digunakan pada saat pengambilan data di lapangan, data primer penelitian dan perangkat lunak (*software*) yang digunakan pada saat pengolahan data.

1. Instrumentasi (Alat dan Bahan):

- Resistivitymeter *OYO McOhm*, digunakan untuk mengukur resistivitas semu di suatu titik.
- *GPS* Garmin, digunakan untuk mengetahui koordinat titik pengambilan data beserta elevasinya.
- Kompas, digunakan untuk mengetahui arah agar mempermudah pengambilan data.
- Elektroda, digunakan agar mengetahui waktu pengambilan data dan selang waktu.
- Kabel & Capit Buaya, digunakan sebagai penghubung antara resistivity meter dengan elektroda.
- Palu, digunakan untuk memudahkan penanaman elektroda.
- Aki, digunakan sebagai sumber daya resistivitymeter.
- Meteran, digunakan untuk mengukur panjang lintasan.
- Hand Talky (HT), digunakan sebagai alat komunikasi.

- Payung, digunakan sebagai penghalang sinar matahari pada alat agar tidak terjadi gangguan pada alat atau alat *overheat*.
- Papan Dada, digunakan untuk mempermudah penulisan data pada saat dilapangan.
- Alat Tulis, digunakan untuk menginput dan memediiasi data yg diperoleh ke table data.

2. Data Primer

- Data hasil pembacaan alat berupa nilai resistansi (Ω) sebanyak 4 kali pembacaan dari masing-masing pengukuran pada setiap lintasan
- Data panjang lintasan penelitian pada setiap lintasan dan besar spasi antar elektroda yang digunakan saat pengukuran (m)
- Data jumlah datum dari hasil pengukuran (n)
- Data koordinat dan Elevasi titik datum yang diperoleh dari *GPS* (Lat/Long dan m)
- Data sampel air sumur daerah penelitian untuk diuji salinitasnya (ml)

3. Perangkat Lunak (*Software*)

- Google Earth Pro, digunakan dalam penampilan citra satelit daerah penelitian.
- QGIS Desktop, digunakan dalam pembuatan peta geologi regional, rancangan penelitian, dan hasil.
- Microsoft Excel, digunakan dalam perhitungan nilai resistivitas sebenarnya (*true resistivity*) yang diperoleh pada saat akuisisi.
- Surfer, digunakan dalam pengubahan koordinat desimal ke koordinat *UTM* (*Universal Transver Mercator*).
- Res2DInv, digunakan dalam inversi data olahan dan ditampilkan dalam bentuk penampang dua dimensi.
- Rockworks, digunakan dalam pembuatan model tiga dimensi.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

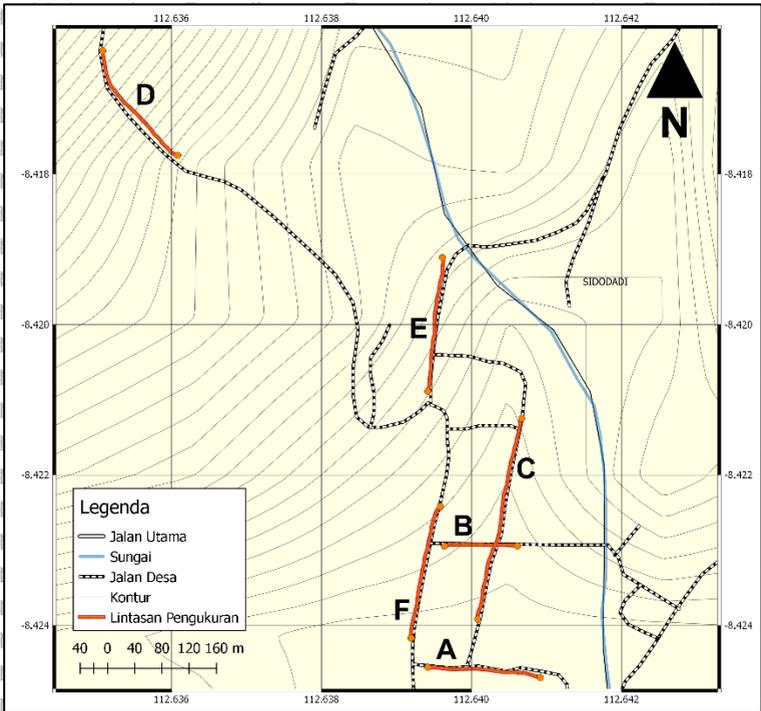
a. Tahap Persiapan

Pada tahapan ini terdiri dari Studi Liteartur dan Survei Lapangan. Pembacaan dan pemahaman terhadap penelitian-penelitian di daerah penelitian dimaksud dalam tahap ini, berupa artikel atau paper yang membahas mengenai kejadian intrusi air laut secara umum hingga penerapan metode tahanan jenis dalam menduga kejadian intrusi itu sendiri, dilakukan juga studi geologi Dusun Bajulmati yang merupakan daerah penelitian sehingga dapat memberikan gambaran umum kondisi geologi pada daerah penelitian sebelum dilakukan survei lapangan. Tentu studi literatur saja tidak dapat memberikan informasi yang dibutuhkan, dalam mengklarifikasi informasi yang telah didapat dan memperoleh informasi-informasi lainnya perlu dilakukan Survei Lapangan, hal-hal yang telah dipelajari pada studi literatur dapat dilihat kondisinya secara langsung dilapangan. Hal ini perlu dilakukan guna memberikan gambaran dalam tahap perencanaan seperti dalam menentukan titik pengukuran agar didapat hasil yang lebih optimal dan menambah informasi dan pemahaman terhadap daerah penelitian tersebut dimana kondisi lapangan tidak selalu sama, daerah penelitian akan mengalami perubahan baik dari segi struktur maupun morfologi. Tujuan dari tahap ini dapat berupa Informasi kualitatif terbaru terhadap penelitian.

b. Tahap Perencanaan

Tahap ini terdiri dari penulis merancang desain pengukuran yang akan dilakukan dan pengukuran/akuisisi. Pengukuran akan dilakukan di Daerah Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo Kec. Gedangan, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Alasan pengambilan tempat pengukuran ini adalah dengan mempertimbangkan survey awal, dimana pada survei awal diketahui bahwa daerah pemukiman Dusun Bajulmati terdapat masalah kualitas air, pada kondisi tertentu beberapa sumur warga terasa asin atau payau, asin atau payaunya sumur warga tersebut

diduga karna adanya intrusi air laut karena lokasi pemukiman warga yang tidak jauh dari bibir pantai. Dari permasalahan ditentukan peralatan dan bahan apa saja yang diperlukan dalam pengukuran data dan lokasi/titik pengukuran data. Selain itu, dilakukan peninjauan terhadap alat dan persiapannya. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan data akurat terhadap daerah penelitian. Di sisi lain, dapat mengurangi kesalahan.



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

Gambar 3.1 merupakan rancangan penelitian yang telah dibuat dengan pertimbangan sebelumnya. Pada rancangan penelitian tersebut terdapat 6 lintasan pengukuran, 5 di antaranya berada dalam daerah pemukiman warga dusun yaitu lintasan A, B, C, E, dan F, sedangkan lintasan D berada pada batas Dusun Bajulmati yang berada pada daerah hutan perbukitan. Penempatan 5 lintasan di daerah pemukiman warga dimaksud untuk memetakan

lapisan bawah permukaan di daerah pemukiman dan memaksimalkan analisa mengenai pendugaan intrusi di dusun Bajulmati sedangkan penempatan satu lintasan di batas terjauh desa adalah agar diketahui sejauh mana terjadinya intrusi di Dusun Bajulmati.

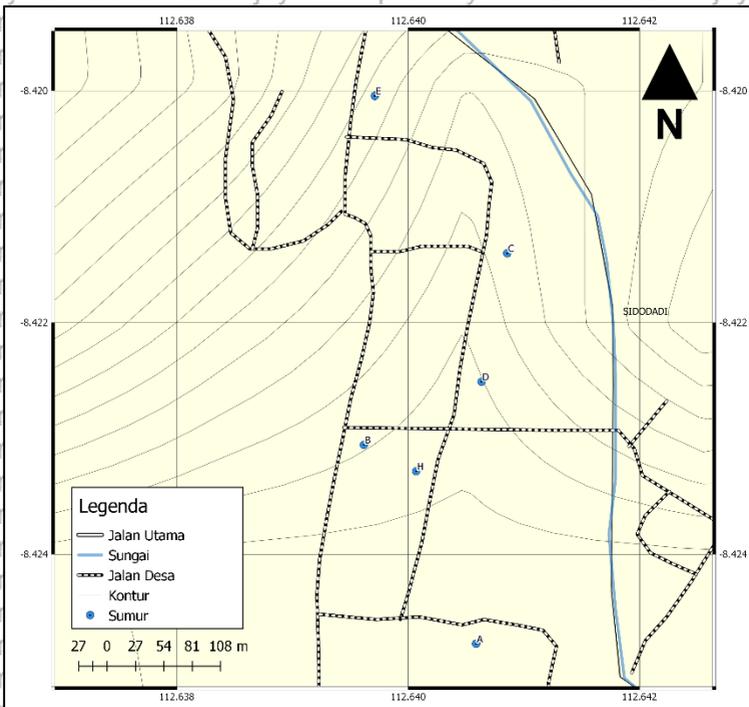
Lintasan A memiliki panjang lintasan 180 m yang membentang dari arah barat-timur dan merupakan lintasan yang paling selatan sehingga terdekat dengan bibir pantai yaitu sekitar 900 m, Lintasan B berada 80 m ke arah utara dari lintasan A dengan panjang lintasan 140 m yang membentang searah dengan lintasan A dari arah barat-timur dan berjarak 1 km dari bibir pantai, Lintasan C merupakan lintasan yang memiliki panjang lintasan paling panjang yaitu sepanjang 300 m dan membentang dari arah utara-selatan serta bersilang langsung dengan lintasan B, Lintasan D merupakan lintasan yang jaraknya paling jauh dari bibir pantai yaitu sekitar 1,5 km dengan panjang lintasan 200 m membentang dari arah barat laut ke tenggara dan karena lintasan D berada di daerah perbukitan menyebabkan kondisi lintasan yang hampir euras karena perbukitan cenderung memiliki kontur yang rapat, Lintasan E memiliki panjang lintasan 200 m membentang dari arah selatan ke utara dengan jarak dari bibir pantai sekitar 1,2 km, Lintasan F merupakan lintasan yang berada sekitar 920 m dari bibir pantai dan memiliki panjang lintasan 200 m dengan bentangan lintasan searah selatan ke utara serta berjarak dekat dengan lintasan A dan B.

Pengambilan data dilakukan menggunakan konfigurasi dipol-dipol karena konfigurasi dipol-dipol dapat menghasilkan data yang baik secara vertikal mapping maupun sounding karena penetrasi kedalamannya merupakan yang paling dalam diantara konfigurasi lainnya, hal ini tentu saja memberikan data yang lebih akurat dan memudahkan saat analisa. Pengukuran dilakukan dengan spasi antar elektroda sebesar 10 m untuk seluruh lintasan, spasi 10 m dirasa sudah cukup baik mengingat jumlah lintasan yang banyak dan waktu yang dimiliki terbatas. Pengukuran hanya

dilakukan sampai titik datum (n) ke-10, karena pada titik datum tersebut sudah didapatkan kedalaman yang diinginkan yaitu hingga 29 m dari permukaan pengukuran. Profil lintasan pengukuran ditampilkan seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Profil Lintasan Pengukuran Daerah Penelitian

Lintasan	Panjang Bentangan (m)	Spasi Elektroda (m)	Arah Bentangan
A	180	10	Barat-Timur
B	140	10	Barat-Timur
C	300	10	Utara-Selatan
D	200	10	Barat Laut-Tenggara
E	200	10	Selatan-Utara
F	200	10	Selatan-Utara



Gambar 3.2 Lokasi Sumur

Selain data pengukuran, nantinya dalam membantu analisa pendugaan intrusi diperlukan sampel air sumur warga yang diambil secara acak pada daerah penelitian yang dekat dengan lintasan pengukuran, pada penelitian kali ini diambil 6 sampel air sumur warga dusun Bajulmati dan 1 sampel air laut yang selanjutnya akan diuji salinitasnya agar dapat membuktikan peristiwa intrusi air laut yang diduga terjadi di Dusun Bajulmati seperti pada Gambar 3.2 dengan titik koordinat dan kepemilikan ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Profil Lokasi dan Kepemilikan Sumur

Sampel	Pemilik	Latitude	Longitude
A	Pak Trisardi	8°25'29.18"	112°38'26.11"
B	Ibu Sumaiah	8°25'23.00"	112°38'22.62"
C	Pak Rohman	8°25'17.05"	112°38'27.08"
D	Pak Slamet	8°25'21.04"	112°38'26.28"
E	Pak Hidayat	8°25'12.16"	112°38'22.96"
F	Sampel Air Laut		
G	Pak Trisardi	8°25'29.18"	112°38'26.11"
H	Ibu Ani	8°25'23.82"	112°38'24.25"

c. Tahap Akuisisi Data

Proses akuisisi (pengambilan) data dilakukan pada 6 lintasan berbeda, dimana pada masing-masing lintasan memiliki panjang lintasan mulai 140 m hingga 300 m, pengukuran diawali dengan melakukan cek kondisi dan kelengkapan alat. Pada lokasi pengukuran diberi tanda lokasi peletakan elektroda agar memudahkan pemindahan elektroda pada saat jeda ukur. Pada setiap perpindahan datum, jarak antar elektroda Potensial dan Arus semakin bertambah sebesar nxspasi. Pengukuran dilakukan menggunakan konfigurasi dipol-dipol dengan spasi antar elektroda 10 m dan target datum hingga datum ke-10. Pada saat dilakukannya akuisisi, alat dioperasikan dengan pengaturan besar injeksi arus 20 mA dengan total pembacaan sebanyak 4 kali

pembacaan. Data yang telah diperoleh diinput ke dalam kurva untuk dilakukan kontrol kualitas data dimana jika terjadi penyimpangan data yang jauh dari data sebelumnya (non-linier) dapat langsung dilakukan injeksi kembali agar didapat data yang bagus, tetapi jika telah dilakukan pengulangan dan masih memberikan hasil yang sama berarti hal tersebut memang merupakan hasil bacaan dan bukan kesalahan pembacaan atau kesalahan alat.

d. Tahap Pengolahan Data

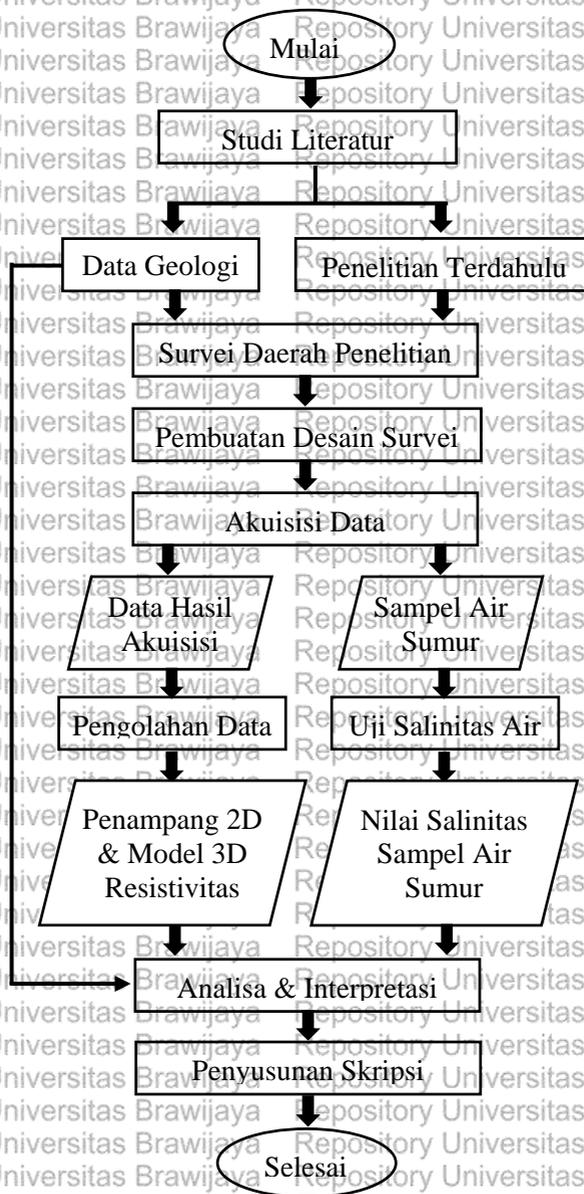
Data yang telah diperoleh dari hasil pengukuran merupakan resistansi yang perlu diubah menjadi resistivitas semu sebelum dilakukan inversi, nilai resistansi yang diperoleh dihitung sesuai faktor geometri pada Microsoft Excel sehingga diperoleh nilai resistivitas semu lalu diubah menjadi format data .dat sehingga dapat diinversikan di perangkat lunak Res2DInv sehingga dihasilkan penampang resistivitas dua dimensi yang sudah bisa dianalisa nilai resistivitasnya. Data inversi dari penampang dua dimensi tersebut digunakan untuk membuat model resistivitas tiga dimensi pada perangkat lunak Rockworks. Pada pembuatan model tiga dimensi dibuat model solid yang merupakan model resistivitas berbentuk balok yang merepresentasikan lintasan dari penampang dua dimensi yang diinterpolasikan dengan penampang dua dimensi lainnya, selain model solid, dibuat juga model *slicing* horisontal dan vertikal yang dibuat untuk membantu analisa secara vertikal ke utara ataupun lateral.

e. Tahap Analisa & Interpretasi

Analisa dan interpretasi dilakukan terhadap data yang diolah. Penggolongan nilai resistivitas dilakukan agar memudahkan interpretasi dan menunjukkan litologi dari lapisan tertentu. Analisa dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif baik pada penampang resistivitas dua dimensi maupun model resistivitas tiga dimensi. Analisa kuantitatif dilakukan dengan menggolongkan nilai resistivitas menjadi beberapa golongan dengan dugaan suatu

litologi, sedangkan analisa kualitatifnya dilakukan dengan menganalisa lapisan yang terbentuk dan korelasinya dengan lintasan lainnya. Baik analisa kuantitatif dan kualitatif diarahkan pada analisa pendugaan daerah terdampak intrusi baik dari nilai resistivitas yang ditunjukkan maupun pola dan bentuk peralihan yang didapat, dimana selanjutnya dibuat peta zona daerah terdampak intrusi di Dusun Bajulmati.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL & PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu akuisisi data, pengolahan data serta interpretasi data. Akuisisi data dilakukan di daerah Dusun Bajulmati dan sekitarnya yang terletak di Dusun Bajulmati, Desa Gajahrejo, Kec. Gedangan, Kab. Malang, Jawa dengan melakukan pengukuran pada 6 lintasan dengan konfigurasi Dipol-dipol pada lintasan sepanjang 140 hingga 300 m dengan jarak spasi elektroda sebesar 10 m. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan *software*, *software* tersebut berupa Microsoft Excel, Res2DInv, dan RockWorks. pada Microsoft Excel dilakukan perhitungan resistivitas semu, pada Res2DInv dihasilkan model penampang 2D dimana dilakukan analisa litologi dan kedalaman dan pada Rockworks dihasilkan model model 3D sebagai analisa pendukung. Pengujian salinitas terhadap air sumur juga dilakukan untuk mendukung data yang diperoleh. Interpretasi data dilakukan secara kualitatif dengan melakukan analisa terhadap nilai resistivitas yang diperoleh pada penampang dan model.

4.1. Hasil Uji Salinitas Air Sumur

Tabel 4.1 Hasil Uji Salinitas Sampel Air dengan Refraktometer

Sampel	Titik Koordinat Sampel		Kadar Salinitas (%)	Ket.
	Lintang	Bujur		
A	8°25'29.18"	112°38'26.11"	3	Air Payau
B	8°25'23.00"	112°38'22.62"	0	Air Tawar
C	8°25'17.05"	112°38'27.08"	0	Air Tawar
D	8°25'21.04"	112°38'26.28"	0	Air Tawar
E	8°25'12.16"	112°38'22.96"	0	Air Tawar
F	Sampel Air Laut		32	Air Garam
G	8°25'29.18"	112°38'26.11"	0	Air Tawar
H	8°25'23.82"	112°38'24.25"	2	Air Payau

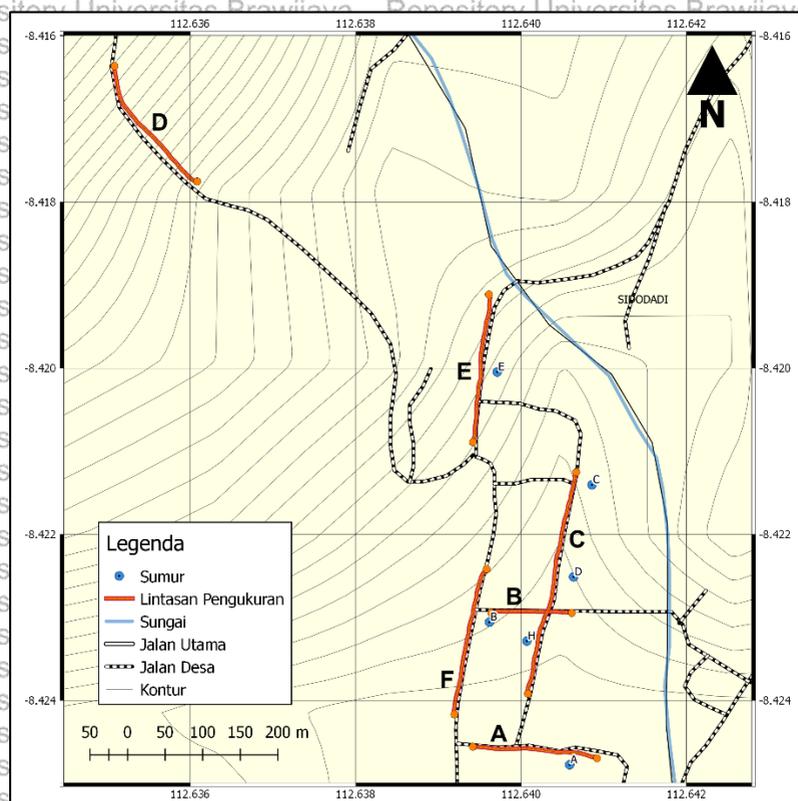
Dari hasil uji salinitas delapan sampel tersebut diperoleh hasil bahwa dari delapan sampel yang diuji, tiga sampel memiliki kadar ‰ (*ppt-part-per-thousand*) lebih besar dari 0. Berdasarkan teori uji

salinitas dengan refraktometer, berikut merupakan tabel salinitas fluidanya.

Tabel 4.2 Salinitas Fluida

Jenis Fluida	Kadar Salinitas (%)
Air Tawar	0 – 0,5
Air Payau	0,5 – 30
Air Garam	30 – 50
Air Asin	>50

Sumber: *Chemiasoft*



Gambar 4.1 Desain Survei Daerah Penelitian

Berdasarkan peta desain survei daerah penelitian, untuk memastikan kondisi air bawah permukaan daerah penelitian terdampak intrusi air laut perlu dilakukan pengambilan sampel air

sumur warga yang selanjutnya akan dilakukan uji laboratorium untuk diuji kadar salinitasnya dengan menggunakan alat refraktometer, penulis melakukan pengujian sampel di Lab. Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang (UM). Sampel diambil secara acak pada daerah penelitian sebanyak 8 (delapan) sampel yang diberi kode *alphabetic* seperti pada Gambar 4.1. dengan hasil uji salinitas sampel pada Tabel 4.1.

4.2. Analisa Penampang Resistivitas 2D Daerah Penelitian

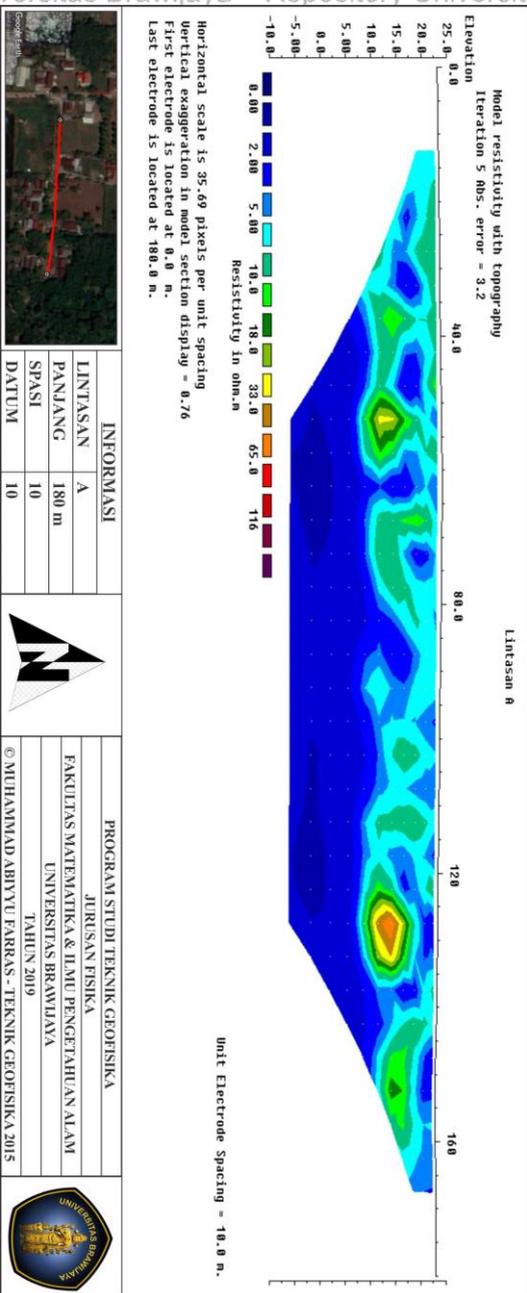
Pada pengolahan penampang dua dimensi, hasil pengolahan didapat dengan menerapkan metode inversi menggunakan *software* Res2DInv, diperoleh nilai resistivitas sesungguhnya atau biasa disebut dengan *true resistivity* yang didapat dari hasil pengukuran langsung pada setiap lintasan di daerah penelitian. Penampang dua dimensi ditampilkan bersama dengan efek topografi, dimana pada penampang dua dimensi tersebut terdapat dua sumbu, dengan sumbu *x* berupa nilai panjang lintasan dan sumbu *y* berupa elevasi yang bervariasi sehingga sesuai dengan keadaan daerah penelitian.

Interpretasi penampang dua dimensi dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan menggolongkan nilai resistivitas menjadi nilai resistivitas rendah, nilai resistivitas sedang, nilai resistivitas tinggi, dan nilai resistivitas sangat tinggi (Tabel 4.3), sedangkan Interpretasi kualitatif dilakukan dengan analisa pendekatan penampang dengan kondisi geologi dan intrusi itu sendiri.

Tabel 4.3 Penggolongan Nilai Resistivitas

Kategori Tahanan Jenis	Nilai Tahanan Jenis (Ωm)	Warna Penampang	Jenis Material
Rendah	0,2 – 4	Biru Tua	Zona Intrusi
Sedang	4 – 30	Biru Muda – Hijau Lumut	Batuan Lempung Berpasir
Tinggi	30 – 200	Kuning – Ungu Muda	Batuan Lempung
Sangat Tinggi	~200	Ungu Tua	Batu Gamping

4.2.1. Lintasan A



INFORMASI	
LINTASAN	A
PANJANG	180 m
SPASI	10
DATUM	10



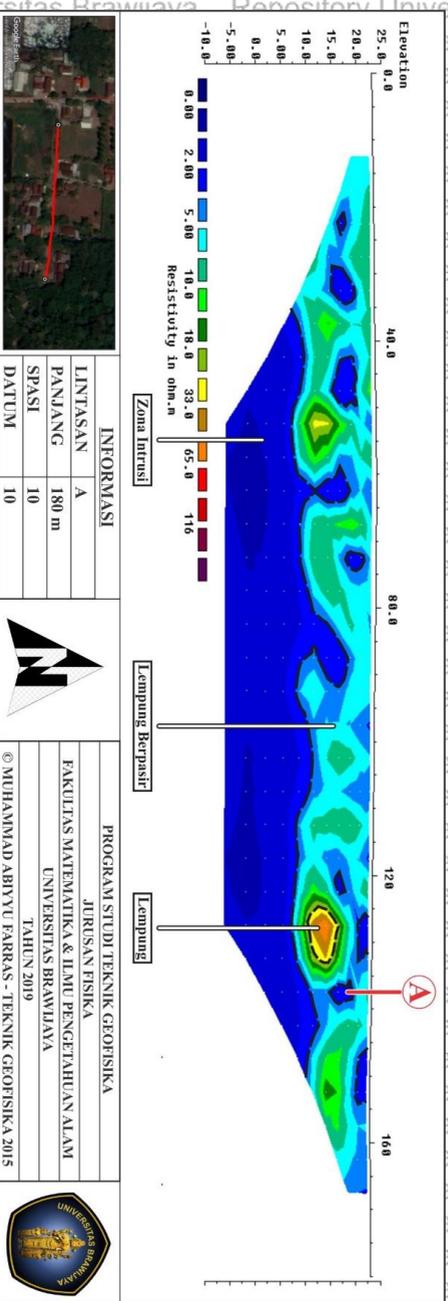
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
 JURUSAN FISIKA
 FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 TAHUN 2019
 © MUHAMMAD ABYU FARRAS - TEKNIK GEOFISIKA 2015



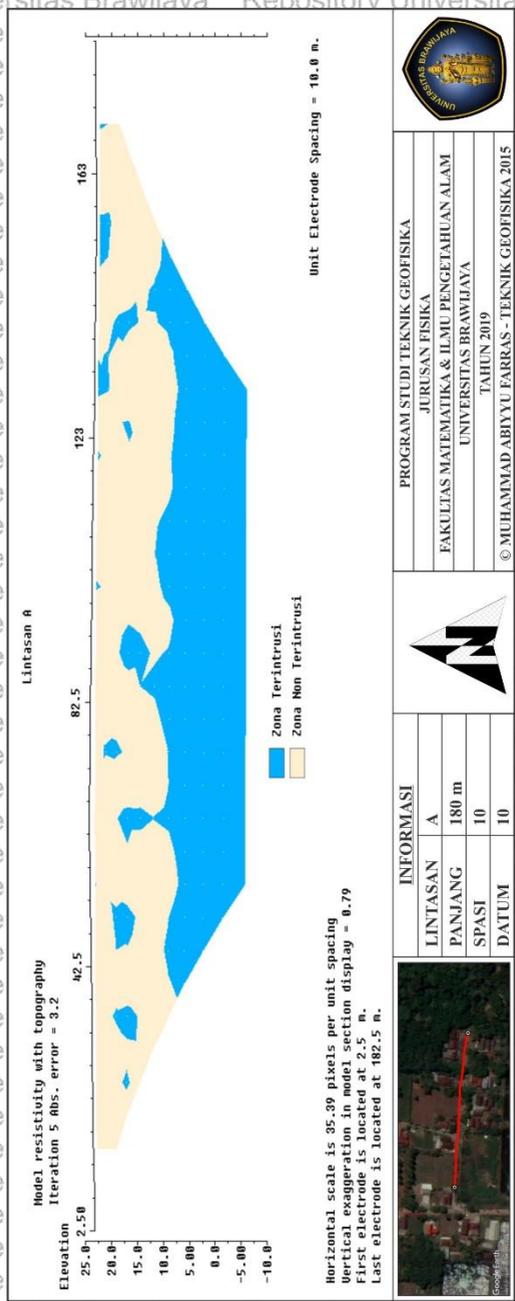
Gambar 4.2 Penampang Dua Dimensi Lintasan A

Gambar 4.2 merupakan penampang dua dimensi lintasan A yang memiliki bentangan lintasan arah Barat-Timur dan berjarak 900 m dari bibir pantai dan merupakan lintasan pengukuran yang berjarak paling dekat dengan bibir pantai, memiliki variasi elevasi 23 hingga 24 mdpl, lintasan memiliki variasi ketinggian yang datar. Lintasan A berada di daerah pemukiman warga yang diambil tepat disebelah jalan dalam desa. Lintasan A memiliki panjang lintasan 180 m dengan spasi antar titik sebesar 10 m, pengukuran dilakukan hingga mencapai titik datum (n) ke-10 yang memiliki panetrasi sekitar 29 m dari permukaan.

Hasil Inversi dari lintasan A menggunakan hasil iterasi ke-5 dengan nilai Abs. error sebesar 3,2 % dengan rentang nilai resistivitas dari 0,18 Ω m hingga 58,78 Ω m. Rentang pada lintasan A digolongkan menjadi tiga, yaitu untuk nilai resistivitas rendah dengan nilai 0,2 Ω m hingga 4 Ω m ditunjukkan dengan warna biru tua pada penampang dua dimensi, nilai resistivitas sedang dengan nilai 4 Ω m hingga 30 Ω m ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau lumut, dan nilai resistivitas tinggi dengan nilai 30 Ω m hingga 58,78 Ω m ditunjukkan pada penampang dua dimensi dengan warna kuning hingga ungu muda.



Gambar 4.3 Penggolongan Litologi Penampang Dua Dimensi Lintasan A



INFORMASI	
LINTASAN	A
PANJANG	180 m
SPASI	10
DATUM	10



PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
TAHUN 2019
© MUHAMMAD ABIYU FARRAS - TEKNIK GEOFISIKA 2015

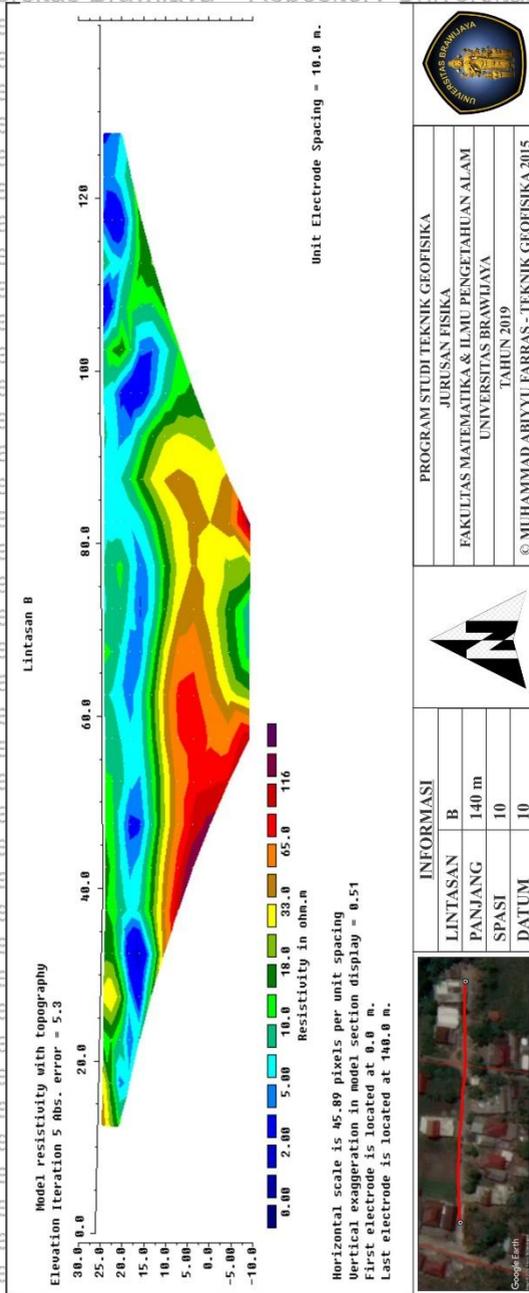


Gambar 4.4 Penampang Dua Dimensi
Zona Intrusi Lintasan A

Nilai resistivitas rendah pada penampang diinterpretasikan sebagai Zona Intrusi yang berada pada ketinggian 10 mdpl dan merupakan lapisan paling bawah pada penampang 2 dimensi hingga kedalaman hampir 10 m dibawah permukaan laut dengan ketebalan sekitar 17 m, terdapat daerah terdampak intrusi yang mendekati permukaan, hal ini menandakan akuifer air tawar telah terkontaminasi oleh air laut yang disebabkan karena massa jenis dan tekanan air laut yang lebih tinggi dari air tanah, sehingga air laut bergerak menuju air tanah, hal ini dapat dibuktikan dengan hasil uji salinitas sampe yang telah dilakukan terhadap sampel air sumur A yang terletak di titik 135 m pada bentangan, kedalaman muka air 10m dari permukaan dan berjarak 5 m dari bentangan yang memiliki kadar salinitas 3 ‰.

Nilai resistivitas sedang pada penampang diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung Berpasir, yang terletak dari permukaan hingga kedalaman 10 mdpl dengan tebal lapisan sekitar 14m, lapisan Batuan Lempung Berpasir pada dasarnya merupakan batuan Lempung yang tercampur dengan pasir sehingga memiliki nilai resistivitas yang lebih kecil dari batuan Lempung pada umumnya, hal ini menyebabkan lapisan Batuan Lempung Berpasir memiliki sifat cukup mampu meloloskan fluida (permeabel), diduga karena tekanan air pada zona intrusi yang telah terkontaminasi air laut menyebabkan tekanannya naik menyebabkan air tanah yang telah terkontaminasi air laut tersebut mampu menembus lapisan Batuan Lempung Berpasir sehingga dapat tersisipkan mendekati permukaan. Nilai resistivitas tinggi pada penampang dua dimensi lintasan A diinterpretasikan sebagai batuan Lempung yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi yang tidak cukup permeable sehingga tidak mampu meloloskan fluida, pada penampang dua dimensi lintasan A dapat dilihat hanya terdapat sedikit sisipan Lempung karena penampang didominasi oleh daerah basah, hal tersebut dapat dilihat juga dari kondisi permukaan dimana pada sekitar lintasan banyak terdapat kebun dan sawah.

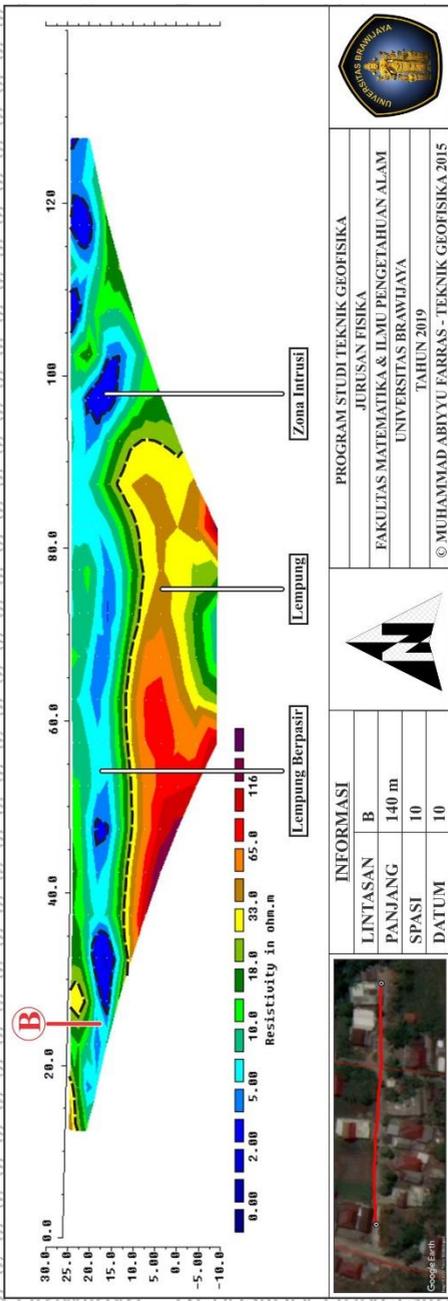
4.2.2. Lintasan B



Gambar 4.5 Penampang Dua Dimensi Lintasan B

Lintasan B berada 180 m arah utara dari lintasan A, Gambar 4.5 merupakan penampang dua dimensi lintasan B dengan bentangan dari arah Barat-Timur sejajar dengan lintasan A dan berjarak 1,1 km dari bibir pantai. Lintasan B memiliki variasi elevasi 24 hingga 26 mdpl sehingga merupakan lintasan yang cukup datar. Sama seperti lintasan A, lintasan B juga berada di daerah pemukiman warga dan bentangannya terletak tepat disebelah jalan desa juga dengan panjang lintasan 140 m merupakan lintasan terpendek pada penelitian serta spasi antara titik sebesar 10 m, pengukuran pada lintasan B juga dilakukan hingga titik datum (n) ke-10 sehingga diperoleh penetrasi kedalaman hingga 29 m dari permukaan.

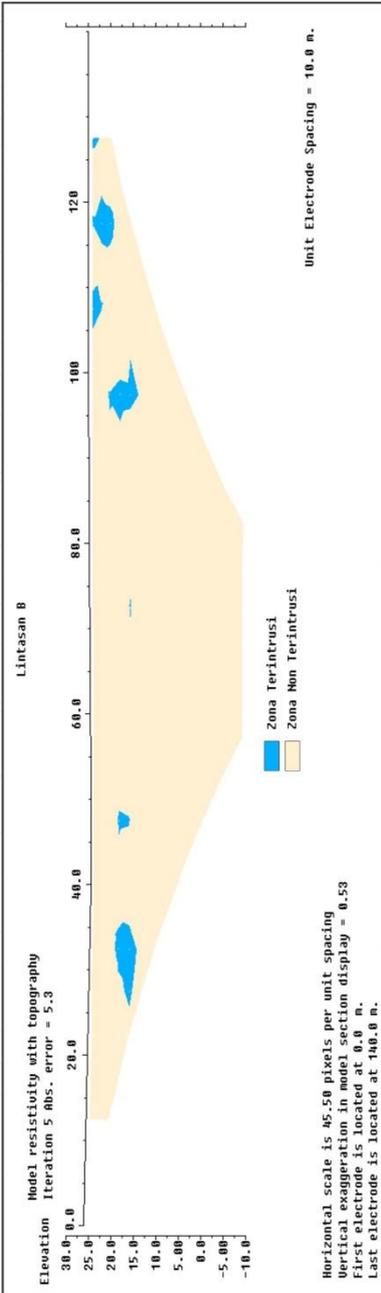
Berdasarkan hasil inversi yang telah dilakukan pada hasil pengukuran lintasan B, diperoleh penampang dua dimensi dengan rentang nilai resistivitas 1,63 Ω m hingga 158,52 Ω m. Inversi dilakukan hingga iterasi ke-5 dengan nilai Abs. error sebesar 5,3 %. Besaran nilai resistivitas yang diperoleh lalu dikelompokkan dalam 3 golongan, diantaranya untuk nilai resistivitas rendah dari 1,63 Ω m hingga 4 Ω m ditunjukkan pada penampang dua dimensi dengan warna biru tua, nilai resistivitas sedang dengan nilai 4 Ω m hingga 30 Ω m ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau lumut, dan nilai resistivitas tinggi dengan nilai 30 Ω m hingga 158,52 Ω m yang ditunjukkan dengan warna kuning hingga ungu muda pada penampang.



Gambar 4.6 Penggolongan Litologi Penampang B Dua Dimensi Lintasan B

Hasil dari inversi Lintasan B ditampilkan dalam penampang dua dimensi pada Gambar 4.6, setelah dilakukan penggolongan berdasarkan nilai resistivitas, diinterpretasikan bahwa nilai resistivitas rendah pada lintasan B berupa Zona Intrusi yang tekanan dan massa jenisnya sudah mulai berkurang, dapat dilihat zona intrusi pada Lintasan B tidak berlebihan pada lintasan A, hal ini bisa dikarenakan jarak antara lintasan A dan B yang sudah cukup jauh sehingga memiliki formasi yang berbeda, pada lintasan B Zona Intrusi ditandai oleh daerah yang berwarna biru tua, diduga intrusi masuk melalui lempung berpasir yang terletak pada titik memiliki porositas yang cukup ditambah dengan tekanan dari air tanah yang telah bercampur dengan air laut sehingga menyebabkan air tanah kontaminan tersebut masuk ke atas, Zona Intrusi atau Air Kontaminan tersebut berada pada kedalaman 20 hingga 10 mdpl dengan ketebalan 10m dan berjumlah sedikit.

Berdasarkan hasil uji salinitas sampel air sumur B yang berada di bentangan ke 25 m lintasan B sejauh 5m dari bentangan dan kedalaman muka air pada 10 m, didapatkan hasil bahwa air tersebut tawar dengan nilai 0 % berdasarkan hasil uji salinitas pada Tabel 4.1, tawarnya air pada zona intrusi ini dapat disebabkan karena volume air tanah masih jauh lebih banyak daripada volume air laut sehingga menyebabkan kadar salinitasnya kecil. Pada ujung timur lintasan B terdapat sebaran warna biru yang sama dengan zona intrusi, hal ini terjadi karena pada ujung lintasan B terdapat sebuah sungai kecil dengan diameter 2 hingga 3 m yang masih mengalir dan diduga meresap dan membentuk akuifer di dekat permukaan.



INFORMASI

LINTASAN	B
PANJANG	140 m
SPASI	10
DATUM	10





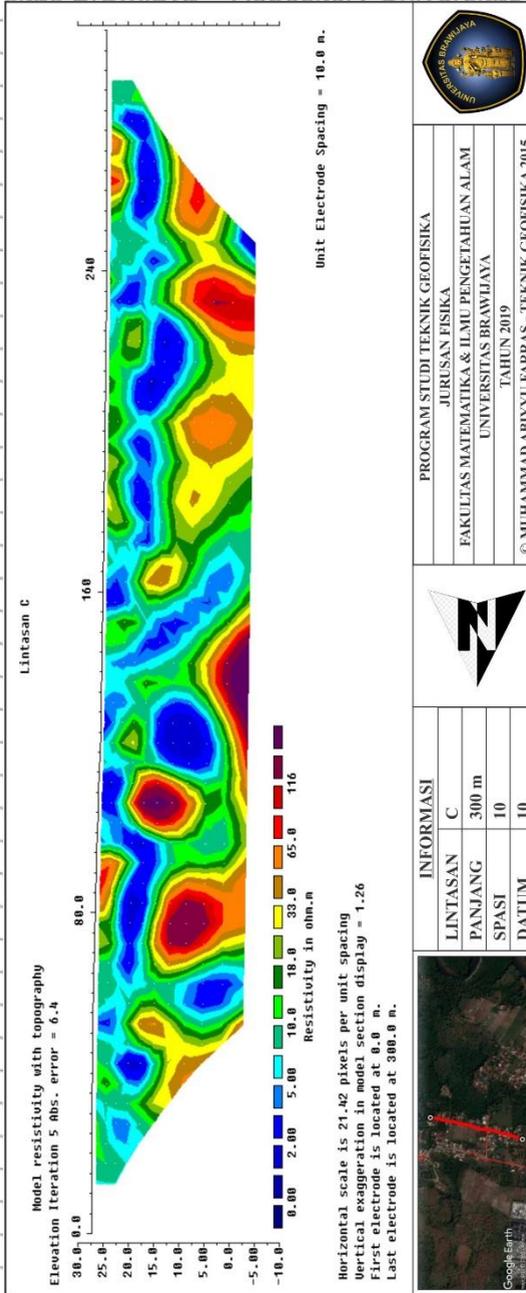
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFIISIKA
 JURUSAN FISIKA
 FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA
 TAHUN 2019
 © MUHAMMAD, ABYU FARRAS - TEKNIK GEOFIISIKA, 2015

Gambar 4.7 Penampang Dua Dimensi Zona Intrusi Lintasan B



Nilai resistivitas sedang ditandai dengan warna biru muda hingga hijau lumut diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung Berpasir, yang memiliki porositas yang cukup baik sehingga cukup mampu meresap fluida, pada penampang dua dimensi dapat dilihat bahwa lapisan Batuan Lempung Berpasir menyelubungi Zona Intrusi, hal ini karena sifat Batuan Lempung Berpasir selain cukup poros, karena memiliki campuran pasir sehingga bersifat cukup permeable juga. Nilai resistivitas tinggi diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung, beda dengan Batuan Lempung Berpasir, Batuan Lempung memiliki porositas yang permeabilitas yang buruk sehingga sulit mengalirkan dan diisi fluida, campuran pasir pada lempung lah yang dapat memberikan kemampuan porositas dan permeabilitas pada Batuan Lempung, oleh sebab itu Zona Intrusi dan air terkontaminan tidak dapat melewati Batuan Lempung seperti pada penampang dua dimensi, sama dengan lintasan A, daerah disekitar lintasan B juga cenderung basah karena digunakan sebagai lahan kebun dan sawah serta terdapat sungai kecil tepat diujung lintasan B yang diduga menyebabkan permukaan pada lintasan B basah dan memiliki resistivitas yang kecil.

4.2.3. Lintasan C



INFORMASI	
LINTASAN	C
PANJANG	300 m
SPASI	10
DATUM	10



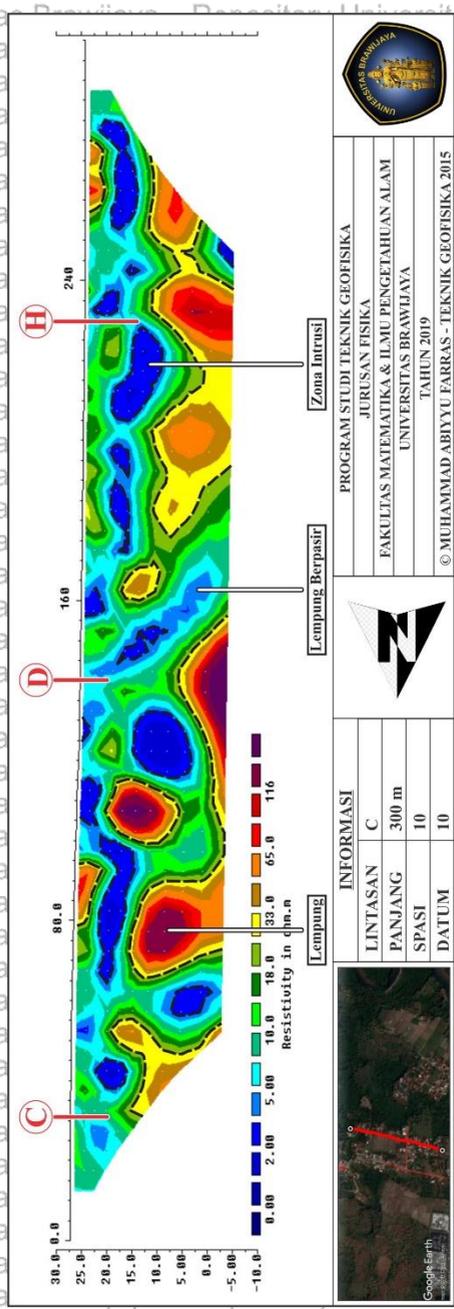
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
TAHUN 2019
© MUHAMMAD ABIYU FARRAS - TEKNIK GEOFISIKA 2015



Gambar 4.8 Penampang Dua Dimensi Lintasan C

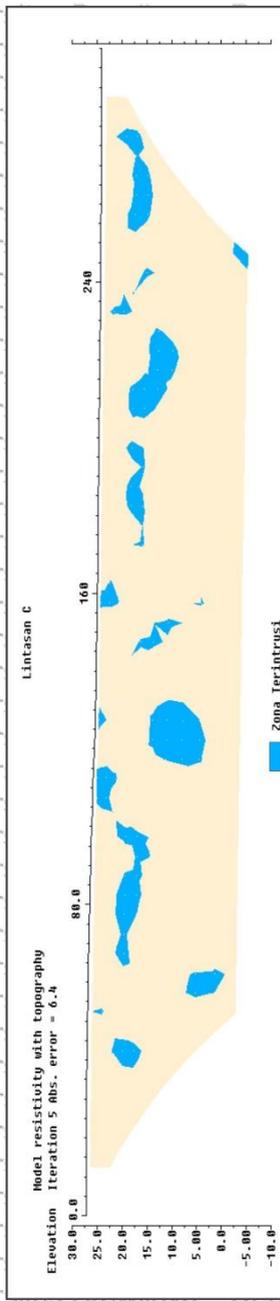
Gambar 4.8 merepresentasikan lintasan C dalam penampang dua dimensi dengan bentangan Utara-Selatan yang berjarak 80m dari lintasan A dan arah bentangannya berbeda dengan lintasan A dan B, lintasan C dibuat untuk melakukan pendekatan terhadap lintasan A dan B karena letaknya yang dekat dengan lintasan A dan bersilang secara langsung dengan lintasan B serta berjarak 1 km dari bibir pantai. Lintasan C memiliki variasi elevasi 24 hingga 27 mdpl, daerah lintasan C cukup datar dan sama seperti lintasan A dan B, lintasan C juga berbentang tepat disebelah jalan desa dengan panjang lintasan sebesar 300 m, merupakan lintasan dengan panjang lintasan terpanjang pada penelitian dan spasi antar titik sebesar 10m, pengukuran dilakukan hingga titik datum (n) ke-10 hingga diperoleh kedalaman hingga 29 m dari permukaan sehingga cukup untuk analisa.

Inversi dilakukan pada Lintasan C sehingga diperoleh penampang dua dimensi dengan hasil Iterasi sebanyak 5 kali dan nilai Abs. error sebesar 6,4 %, didapat hasil dengan rentang nilai resistivitas 0,7 Ω m hingga 165,9 Ω m. Rentang nilai resistivitas tersebut digolongkan menjadi tiga, yaitu nilai resistivitas rendah dengan nilai 0,7 Ω m hingga 4 Ω m ditunjukkan pada penampang dua dimensi dengan warna biru tua, nilai resistivitas sedang dengan nilai 4 Ω m hingga 30 Ω m ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau lumut, dan untuk nilai resistivitas tinggi dengan nilai 30 Ω m hingga 165,9 Ω m ditunjukkan dengan warna kuning hingga ungu muda pada penampang dua dimensi.



Gambar 4.9 Penggolongan Litologi Penampang Dua Dimensi Lintasan C

Berdasarkan penampang dua dimensi pada Gambar 4.8 dan penggolongan nilai resistivitas lintasan C, dibuat Gambar 4.9 untuk mempermudah dalam penggolongan litologi berdasarkan nilai resistivitas. Pada nilai resistivitas rendah diinterpretasikan berupa zona intrusi atau air terkontaminasi, dapat dilihat sebaran warna biru tua pada penampang yang cukup acak tetapi masih terlihat polanya, banyaknya sebaran zona intrusi dan air terkontaminasi disebabkan pada lintasan C merupakan daerah sawah dan berada searah dengan sungai kecil yang masih mengalir, hal tersebut menyebabkan banyaknya air tanah yang kemudian terkontaminasi oleh air laut yang memiliki tekanan dan masa jenis tinggi yang dengan kondisinya tersebut dapat memaksa masuk ke dalam lapisan kedap air, hal ini dapat dilihat dari nilai resistivitas terendah yang diperoleh yaitu 0,7 Ω m sehingga dapat diduga bahwa daerah lintasan C cukup berdampak dari intrusi yang terjadi, hal ini dapat dibuktikan dari hasil uji salinitas sumur warga pada lintasan C, diambil sampel secara acak pada lintasan C sebanyak 3 Lintasan, yaitu sampel H pada meter ke-235 pada muka air 15 m dengan hasil 2 ‰, sampel air sumur D pada meter ke-140 pada muka air 8 dengan hasil 0 ‰, dan sampel air sumur C pada meter ke-30 pada muka air 10 dengan nilai 0 ‰ pada Tabel 4.1. Hal ini menjelaskan bahwa pada bagian ujung selatan lintasan yang berjarak 80 m dari lintasan A hingga titik bentangan ke 160 m berdampak intrusi karena diduga berasal dari aliran intrusi yang sama dengan Lintasan A karena memiliki nilai salinitas yang hampir sama dengan Lintasan A.



Unit Electrode Spacing = 10.0 m.

Horizontal scale is 21.23 pixels per unit spacing
 Vertical exaggeration in model section display = 1.31
 First electrode is located at 0.0 m.
 Last electrode is located at 300.0 m.



INFORMASI	
LINTASAN	C
PANJANG	300 m
SPASI	10
DAIUM	10



PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
TAHUN 2019
© MUHAMMAD ABBYU FARAS - TEKNIK GEOFISIKA 2015



Gambar 4: 10 Penampang Dua Dimensi
 Zona Intrusi Lintasan C

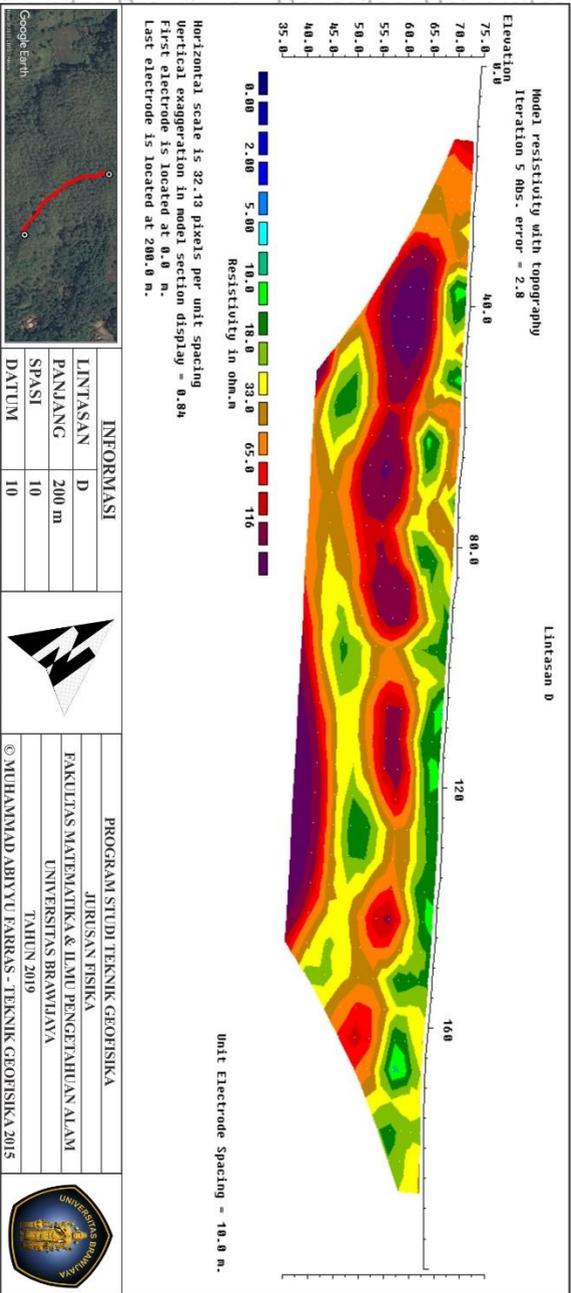
Zona Intrusi atau air terkontaminasi memiliki beragam kondisi, seperti pada penampang dapat dilihat ada yang berbentuk bulat seperti terjebak, dan ada pula yang berbentuk seperti lapisan yang saling terhubung, hal ini menyebabkan zona intrusi dan air terkontaminasi memiliki berada di kedalaman yang variatif dan ketebalan yang variatif pula. Sedang mulai pada bentang 150 m ke Utara (mendekati 0 m) zona intrusinya serupa dengan lintasan B, dikarenakan nilai uji salinitas pada bentangnya bernilai 0‰, hal ini merupakan hal yang umum terjadi, secara teori zona intrusi air laut yang memiliki salinitas 0‰ bukan berarti tidak mengalami intrusi, tetapi pada kondisi tertentu air terkontaminasi yang ada di zona intrusi didominasi oleh air tanah sehingga walaupun bercampur dengan air laut tapi tidak dapat dirasakan karena air tanah yang mendominasi, hal ini didukung dengan adanya sungai yang arah alirannya sejajar dengan arah bentangan dan posisi bentangan yang dekat dengan sungai berbeda dengan bagian selatan lintasan yang cukup jauh dengan sungai.

Sedangkan nilai resistivitas sedang pada Lintasan C diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung Berpasir yang memiliki nilai resistivitas yang kecil, hal ini menyebabkan Batuan Lempung Berpasir lebih porous dan permeable dari Batuan Lempung biasa, Batuan Lempung Berpasir biasa menyelimuti zona intrusi atau air terkontaminasi, hal ini terjadi karena air terkontaminasi yang merupakan air tanah yang telah tercampur air laut mengalami peningkatan tekanan dan massa jenis sehingga menerobos masuk ke dalam lapisan Batuan Lempung Berpasir yang cukup berporos dan permeable, lapisan Batuan Lempung berpasir terletak dari permukaan hingga dasar penampang tetapi keberadaannya yang menyelimuti zona intrusi menyebabkan lapisan Batuan Lempung Berpasir memiliki ketebalan yang variatif mulai dari 3 hingga 15 m.

Nilai resistivitas tinggi pada lintasan C diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung, berbeda dengan Batuan Lempung

Berpasir, Batuan Lempung memiliki densitas yang lebih besar, hal ini berbanding lurus dengan nilai resistivitas sehingga nilai resistivitas Batuan Lempung lebih tinggi daripada Batuan Lempung Berpasir, dikarenakan tidak memiliki kandungan pasir, Batuan Lempung memiliki porositas dan permeabilitas yang buruk sehingga tidak dapat meloloskan apalagi menampung fluida, Batuan Lempung Berada pada kedalaman 10mdpl hingga dasar penampang dengan ketebalan hingga 20m. Dikarenakan Lintasan C berada dekat dengan sungai dan sawah serta perkebunan menyebabkan permukaan pada lintasan C basah.

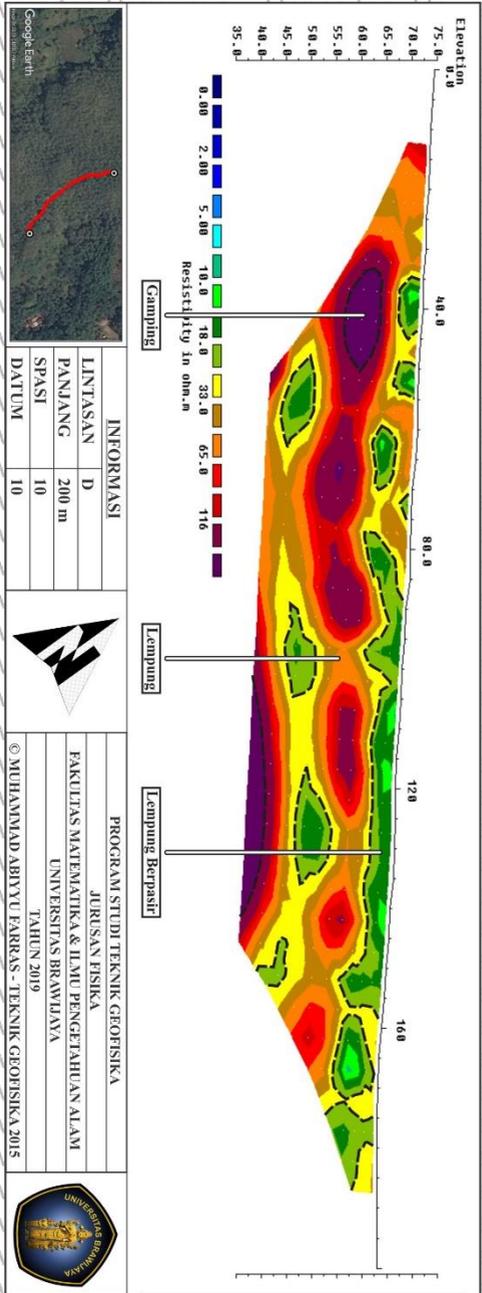
4.2.4. Lintasan D



Gambar 4.11 Penampang Dua Dimensi Lintasan D

Lintasan D merupakan lintasan yang diukur di luar dusun Bajulmati untuk dilakukan pendugaan dampak intrusi, karena berada di luar dusun, Lintasan D memiliki jarak terjauh dari bibir pantai yaitu sekitar 1,5 km, sedangkan dari dusun Bajulmati ke arah barah laut sejauh 500 m jauhnya. Lintasan D memiliki elevasi yang bervariasi sekitar 75 hingga 63 mdpl, hal ini karena Lintasan D terletak di daerah perbukitan yang berkontur cukup rapat. Bentangan pada Lintasan D mengikuti jalan perhutani yang cukup berkelok, memiliki bentang lintasan arah Barat Laut – Tenggara dengan panjang lintasan 200 m dan spasi antar titik sebesar 10 m hingga titik datum (n) ke-10 dengan panetrasi kedalaman hingga 29 m dari permukaan bentangan.

Dari hasil pengukuran dan inversi yang telah dilakukan pada lintasan D, didapatkan penampang dua dimensi dengan rentang nilai resistivitas mulai dari 9,06 Ω m hingga 521,3 Ω m. Dilakukan inversi pada data hingga iterasi ke-5 dengan nilai Abs. error sebesar 2,8 %. Berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh lalu dilakukan penggolongan, diantaranya untuk nilai resistivitas sedang dari 9,06 Ω m hingga 30 Ω m yang pada penampang ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau lumut, untuk nilai resistivitas tinggi mulai dari 30 Ω m hingga 200 Ω m yang ditunjukkan dengan warna kuning hingga ungu muda pada penampang dua dimensi, dan untuk nilai resistivitas sangat tinggi dari 200 Ω m hingga 521,3 Ω m yang pada penampang ditunjukkan dengan warna ungu tua (gelap).

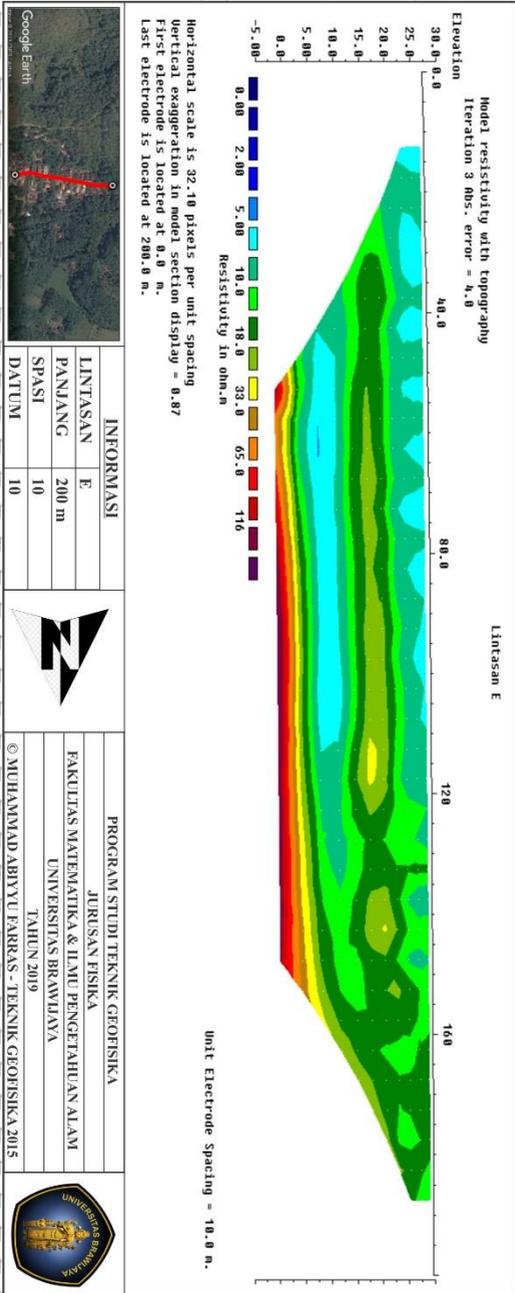


Gambar 4.12 Penggolongan Litologi Penampang Dua Dimensi Lintasan D

Hasil dari inversi pada Lintasan D dapat dilihat pada penampang dua dimensi Gambar 4.12. Penggolongan dilakukan untuk mempermudah interpretasi dan visual pendekatan pada penampang secara kualitatif, pada penampang Lintasan D tidak terdapat resistivitas rendah, ini menandakan tidak terjadi intrusi air laut pada daerah Lintasan D, hal ini disebabkan karena jarak lintasan yang jauh dari bibir pantai, elevasi dari lintasan yang tiga kali lebih tinggi daripada lintasan lainnya karena letaknya di perbukitan, begitu juga pada dusun lain di desa Gajahrejo, hanya dusun Bajulmati saja yang berada pada dataran rendah dan dekat dengan pantai, sedangkan dusun lainnya berada di dataran tinggi perbukitan dan jauh dari bibir pantai.

Interpretasi untuk nilai resistivitas yang sedang merupakan Batuan Lempung Berpasir yang berdominasi di permukaan lintasan dan sebagian kecil berada atau tersisip didalam batuan dibawahnya, Batuan Lempung Berpasir berada pada permukaan lintasan dengan ketebalan hingga 10 m dari permukaan, cukup banyaknya Batuan Lempung Berpasir di permukaan dapat dilihat dari kondisi permukaannya yang merupakan daerah perkebunan warga yang sehingga basah ditambah kondisi perbukitan yang merupakan hutan dan banyak pohon menyebabkan lapisan basah butuh waktu untuk mengering. Selanjutnya untuk nilai resistivitas sangat tinggi diinterpretasikan sebagai Batu Gamping yang cukup dalam walaupun tersisip sedikit diatas, hal ini diperkuat juga dengan geologi regional daerah penelitian yang pada Gambar 2.1 yang menyebutkan keberadaan Batu Gamping.

4.2.5. Lintasan E



Gambar 4.13 Penampang Dua-Dimensi Lintasan E

Gambar 4.13 merupakan representasi lintasan E dalam penampang dua dimensi dengan bentangan Selatan-Utara yang berjarak 140 m Barat lintasan C, lintasan E bertujuan untuk mengidentifikasi persebaran intrusi di batas terluar Dusun Bajulmati, dengan jarak dari bibir pantai sebesar 1,2 km. Lintasan E memiliki variasi elevasi 27 hingga 29 mdpl, dengan ketinggian yang tidak terlalu bervariasi dapat disebut bahwa lintasan E memiliki bidang yang datar sama seperti Lintasan A, B, dan C. Bentangan pada Lintasan E juga berbentangan tepat disebelah jalan desa dengan panjang lintasan 200 m dan spasi antar titik 10 m, pengukuran sama seperti lintasan lainnya yaitu hingga datum (n) ke-10 dengan penetrasi kedalaman hingga 29 m dari permukaan lintasan.

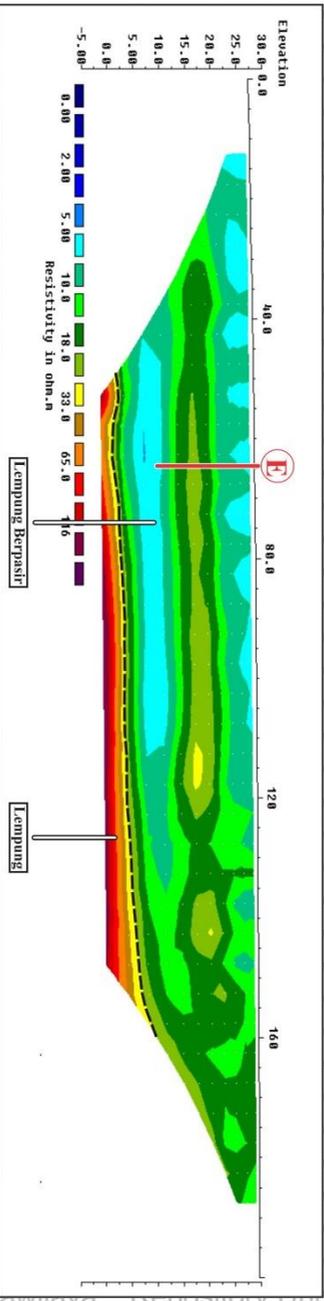
Proses inversi dilakukan pada Lintasan E dan menghasilkan penampang dua dimensi dengan iterasi sebanyak tiga kali dan nilai Abs. error sebesar 4,0 % dengan rentang resistivitas 4,78 Ω m hingga 190,89 Ω m. Rentang nilai resistivitas tersebut kemudian digolongkan menjadi dua golongan rentang, yaitu untuk nilai resistivitas sedang dengan nilai 4,78 Ω m hingga 30 Ω m dengan warna biru muda hingga hijau lumut, sedangkan untuk nilai resistivitas tinggi dengan nilai 30 Ω m hingga 198 Ω m yang pada penampang dua dimensi ditandai dengan warna kuning hingga ungu muda.



INFORMASI	
LINTASAN	E
PANJANG	200 m
SPASI	10
DATEL	10



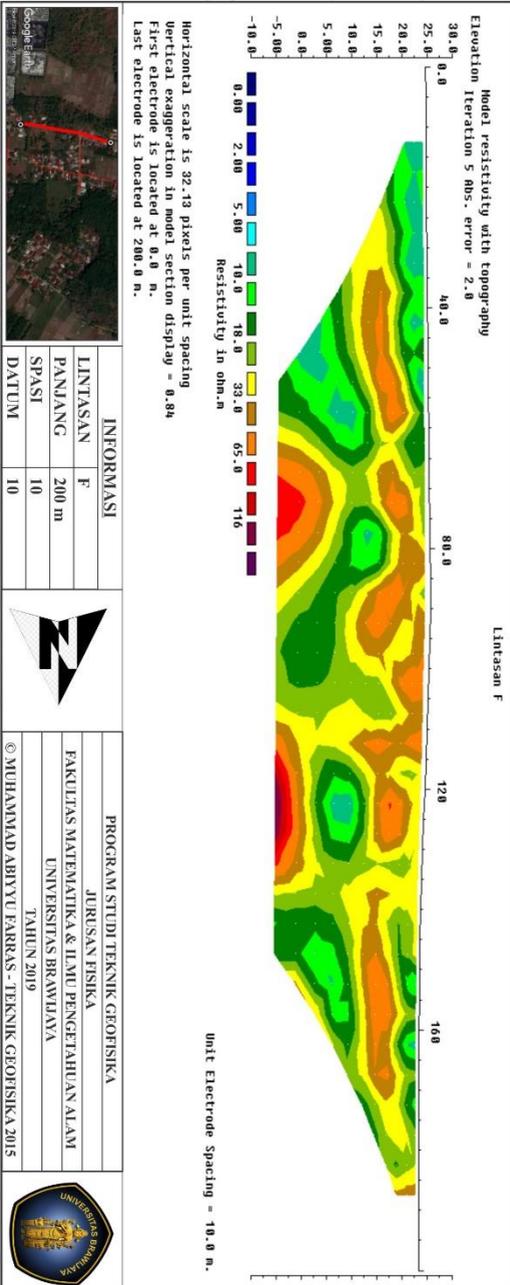
PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA	
JURUSAN FISIKA	
FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM	
UNIVERSITAS BRAWIJAYA	
TAHUN 2019	
© MUHAMMAD ARIYU FARRAS - TEKNIK GEOFISIKA 2015	



Gambar 4.14 Penggolongan Litologi Penampakan Dua Dimensi Lintasan E

Ditinjau dari penampang dua dimensi pada Gambar 4.13 dan penggolongan nilai resistivitas lintasan E, dibuat Gambar 4.14 untuk mempermudah dalam penggolongan litologi lapisan pada penampang berdasarkan nilai resistivitas yang juga telah digolongkan. Pada nilai resistivitas sedang, diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung Berpasir yang mendominasi dari permukaan hingga kedalaman Omdpl dengan ketebalan lapisan hingga 25 m, tepat dibawah lapisan Batuan Lempung Berpasir, terdapat lapisan dengan nilai resistivitas tinggi yang diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung, dimana Batuan Lempung sendiri memiliki porositas dan permeabilitas yang buruk sehingga sulit meloloskan dan menyimpan fluida khusus fluida intrusi berupa air tanah yg tercampur dengan air laut (air kontaminan), pada daerah lintasan E diambil juga sampel air sumur E pada jarak bentangan 70 m untuk diuji salinitasnya yang dimana hasilnya adalah 0 % dengan kedalaman muka air sumur 17 m (Tabel 4.1).

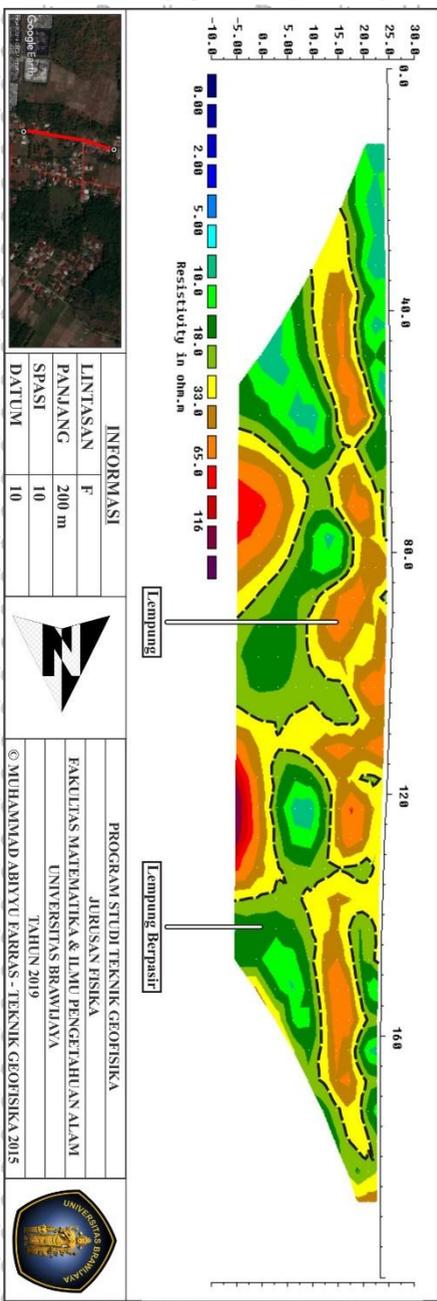
4.2.6. Lintasan F



Gambar 4.15 Penampang Dua-Dimensi Lintasan F

Gambar 4.15 merupakan penampang dua dimensi Lintasan F yang memiliki bentangan lintasan arah Selatan-Utara sama seperti lintasan E dan berjarak 920 m dari bibir pantai. Lintasan F hanya berjarak 50 m dari lintasan A tetapi berbeda arah bentangannya. Lintasan F memiliki variasi elevasi antara 23 hingga 35 mdpl, dan memiliki permukaan yang datar. Lintasan F berada di sebelah lereng bukit yang dan berada di daerah pemukiman dan bentangannya diambil tepat disebelah jalan desa pula. Lintasan F memiliki panjang lintasan 200 m dengan spasi antar titik sebesar 10 m, pengukuran dilakukan sampai datum (n) ke-10 dengan panetrasi kedalaman sebesar 29 m dari permukaan bentangan.

Hasil Inversi dari Lintasan F diambil dari hasil iterasi ke-5 dengan nilai Abs. error sebesar 2,0% dengan rentang nilai resistivitas dari 6,78 Ωm hingga 162,26 Ωm . Rentang pada lintasan F digolongkan menjadi dua, yaitu untuk nilai resistivitas sedang dengan nilai 6,78 Ωm hingga 30 Ωm pada penampang ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau lumut dan untuk nilai resistivitas tinggi dengan nilai 30 Ωm hingga 162,26 Ωm berwarna kuning hingga ungu muda pada penampang dua dimensi.

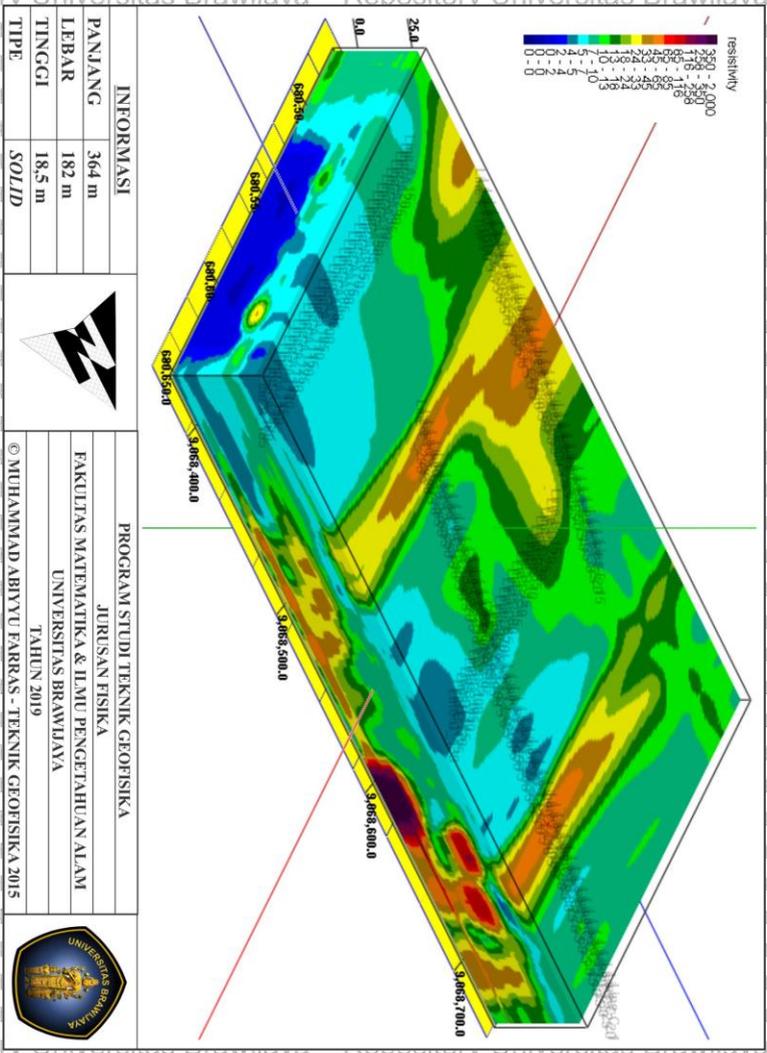


Gambar 4.16 Penggolongan Litologi Penampakan Dua Dimensi Lintasan F

Gambar 4.16 merupakan gambar penampang dua dimensi hasil inversi untuk lintasan F. Pada lintasan F dapat diinterpretasikan bahwa nilai resistivitas merupakan Batuan Lempung Berpasir yang berada pada kedalaman 17,5 mdpl hingga dasar penampang dengan ketebalan maksimal 20 m. Sedang untuk nilai resistivitas tinggi diinterpretasikan sebagai Batuan Lempung. Batuan Lempung sendiri memiliki nilai resistivitas yang lebih besar dari Batuan Lempung Berpasir, sehingga porositasnya lebih buruk juga, hal ini menyebabkan lapisan Batuan Lempung sulit menampung fluida, dominannya Batuan Lempung pada lintasan F diduga karena letaknya yang berdekatan dengan bukit sehingga nilai resistivitasnya masih serupa dengan bukit tersebut.

4.3. Analisa Model Resistivitas 3D Daerah Penelitian

Model resistivitas tiga dimensi daerah penelitian dibuat agar dapat mengkorelasikan lintasan pada daerah penelitian terdampak sehingga dapat dianalisa kemenerusan intrusi, model resistivitas tiga dimensi diperoleh dari data hasil inversi dan interpolasi penampang resistivitas dua dimensi yang selanjutnya hasil inversi tersebut divisualkan dalam model tiga dimensi pada *software* Rockworks. Model tiga dimensi dibuat dengan mengabaikan topografi agar diperoleh model yang solid dan datar. Pada pembuatan model resistivitas tiga dimensi ini, tidak semua lintasan dilibatkan, lintasan yang dilibatkan hanyalah lintasan yang pada modelnya terdapat zona intrusi, maka dari itu hanya dilibatkan lintasan A, B, dan C, serta lintasan F karena berada dekat dengan dua lintasan pengukuran yang terdampak dengan tujuan membantu interpolasi agar lebih baik. Pada analisa model resistivitas tiga dimensi difokuskan untuk analisa sebaran daerah intrusi air laut pada model resistivitas solid, model model resistivitas *fence* lintasan pengukuran A, B, C, dan F, model model resistivitas *fence* vertikal, dan model resistivitas *fence* horisontal, sedangkan untuk analisa geologi daerah penelitian pada model tiga dimensi dilakukan secara umum.



Gambar 4.1 Model Resistivitas Tiga Dimensi Daerah Penelitian Terdampak Intrusi Air Laut

Model resistivitas tiga dimensi pada Gambar 4.17 merupakan model resistivitas solid daerah penelitian dengan bentuk balok dengan panjang sebesar 364 m (9.068.372 m hingga 9.068.736 m), lebar sebesar 182 m (680.470 m hingga 680.652 m), dan tinggi 38.5 m (-11m hingga 27.5 m). Rentang resistivitas yang diperoleh berdasarkan data XYZ yaitu mulai 0,08 hingga 1806,25 Ω m pada model, seperti pada penampang resistivitas dua dimensi, dilakukan penggolongan litologi berdasarkan rentang resistivitas model solid yang dibuat mulai dari nilai resistivitas rendah mulai dari 0,08 Ω m hingga 4 Ω m pada model resistivitas tiga dimensi ditandai dengan warna biru tua, nilai resistivitas sedang mulai 4 Ω m hingga 30 Ω m ditunjukkan pada model dengan warna biru muda hingga hijau lumut, nilai resistivitas tinggi dengan rentang 30 Ω m hingga 200 Ω m ditunjukkan pada model dengan warna kuning hingga ungu muda, dan nilai resistivitas sangat tinggi pada rentang 200 Ω m hingga 2000 Ω m ditunjukkan dengan warna ungu tua.

Nilai resistivitas rendah pada model tiga dimensi dapat diinterpretasikan sebagai daerah terdampak intrusi air laut, nilai resistivitas sedang dapat diinterpretasikan sebagai Lapisan Lempung Berpasir yang memiliki porositas dan permeabilitas yang cukup baik sehingga cukup mampu meloloskan dan menampung fluida, nilai resistivitas tinggi diinterpretasikan sebagai Lapisan Batuan Lempung, dan nilai resistivitas sangat tinggi dapat diinterpretasikan sebagai lapisan Batu Gamping.

Pada model resistivitas solid dapat dilihat permukaan model didominasi oleh lapisan Lempung Berpasir, hal ini sesuai dengan model resistivitas dua dimensi pada daerah penelitian yang pada permukaannya sebagian besar terdapat lapisan Lempung Berpasir. Pada sisi selatan model resistivitas solid yang lebih dekat dengan lintasan A didominasi oleh lapisan yang terdampak intrusi air laut dan telah dibuktikan dengan salinitas air sumur A yang payau. Pada timur barat model resistivitas solid didominasi oleh lapisan Lempung yang cukup tebal dan juga terdapat lapisan Lempung Berpasir. Pada sisi barat model resistivitas solid terdapat lapisan

Lempung yang mendominasi hampir seluruh sisi barat, hal ini dikarenakan daerah barat model dekat dengan perbukitan yang diduga batuan didalam perbukitan tersebut merupakan Lempung. Sedangkan pada sisi utara daerah penelitian didominasi oleh Lempung pada ketinggian 20 mdpl hingga dasar model, sedangkan pada permukaan didominasi oleh lapisan Lempung Berpasir.

Pada model resistivitas solid Gambar 4.17 hanya menampilkan kondisi permukaan dan sisi bidang pada model sehingga tidak dapat dilihat kemenerusan dampak intrusi di daerah penelitian, maka dari itu perlu dilakukan *slicing* pada model solid tersebut agar dapat dilihat kondisi bawah permukaan daerah penelitian sehingga membantu analisa kemenerusan dampak intrusi di daerah penelitian. *Slicing* dilakukan beberapa kali secara vertikal dan horisontal sehingga membentuk *fence* diagram masing-masing untuk bidang vertikal dan horisontal.

Gambar 4.18 merupakan gambar hasil *slicing* pada masing-masing lintasan, hal ini dilakukan menganalisa keserupaan model resistivitas tiga dimensi dengan penampang resistivitas dua dimensi yang telah dibuat, setelah ditinjau kembali dengan model resistivitas dua dimensinya, model tiga dimensi yang dibuat masih tetap memiliki bentuk dan pola perlapisan yang serupa sehingga dapat dipastikan bahwa model tiga dimensi yang dibuat merepresentasikan penampang resistivitas dua dimensi yang selanjutnya diinterpolasikan dengan penampang dua dimensi lintasan lainnya sehingga membentuk sebuah model blok pada model resistivitas tiga dimensi.

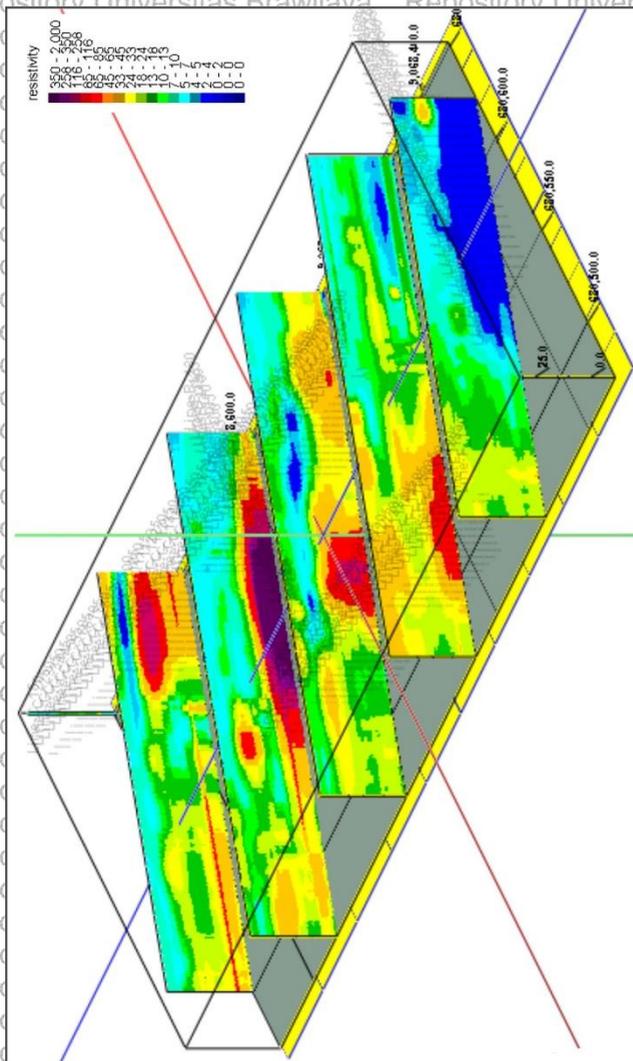
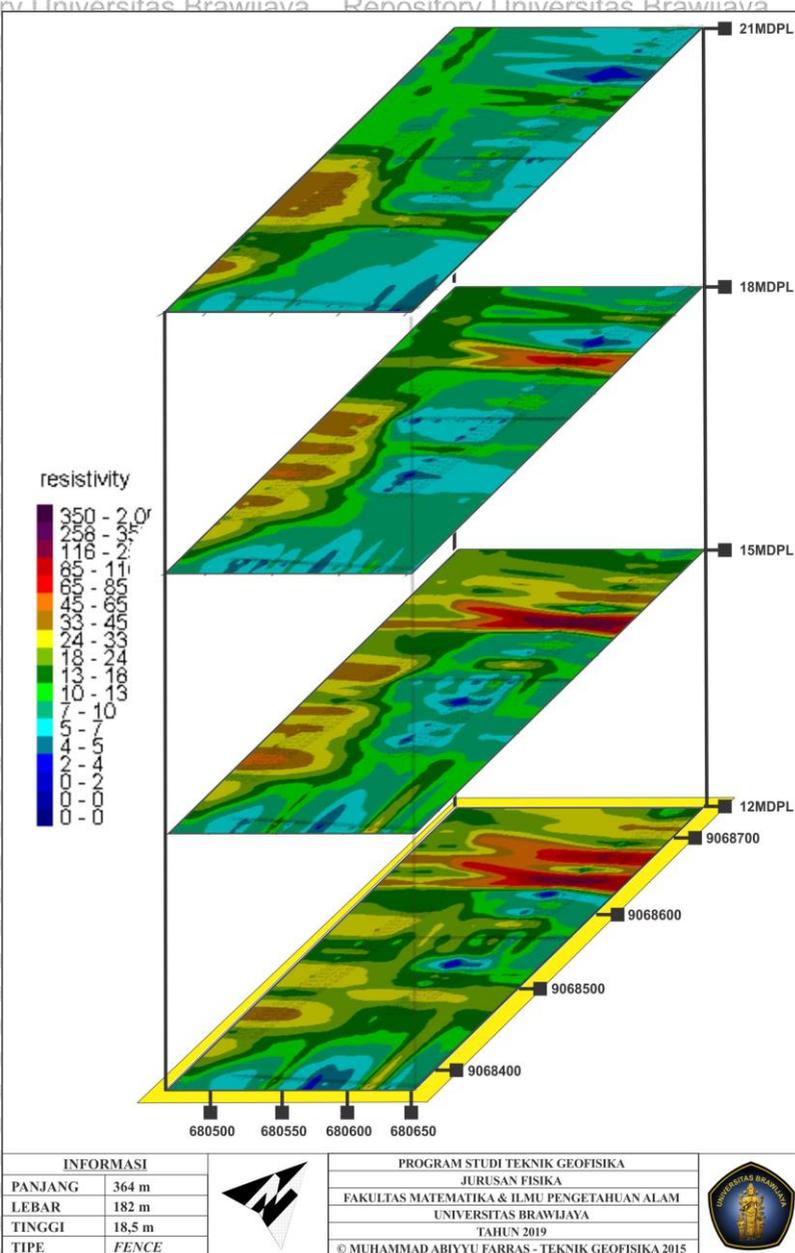
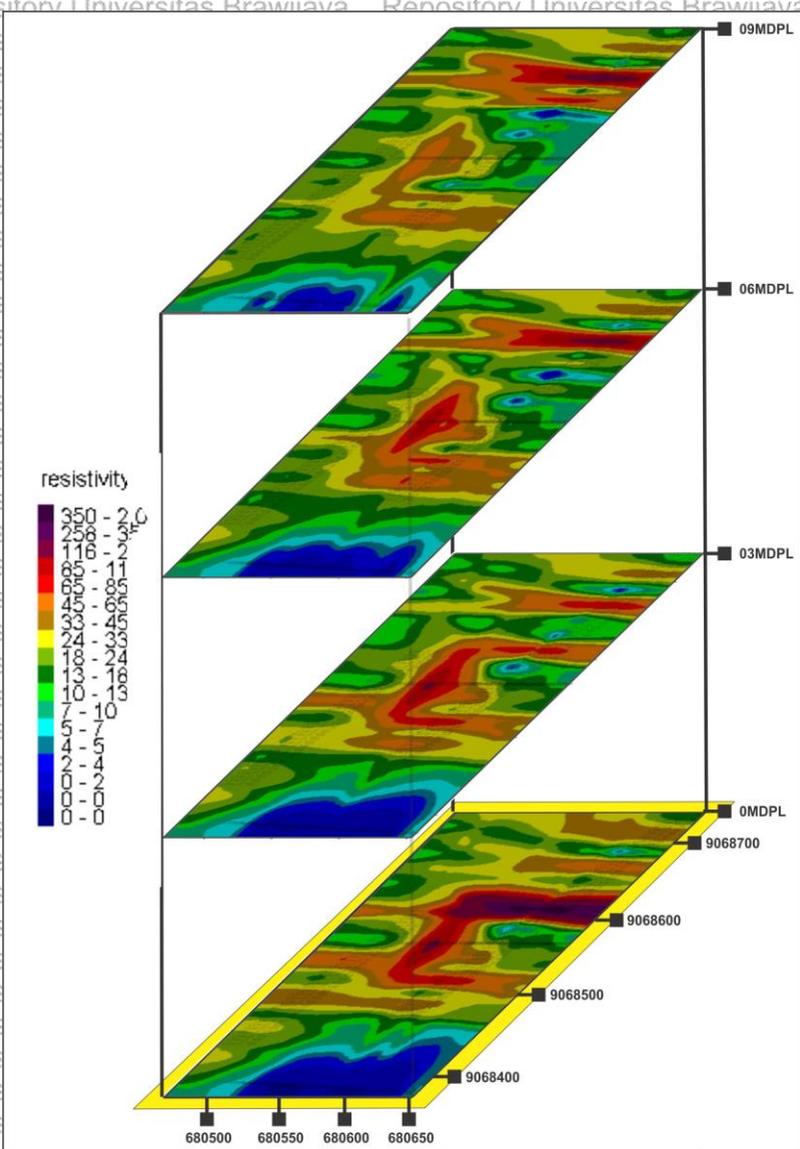


Diagram *Fence* Vertikal pada Gambar 4.19 dibuat untuk menganalisa kemenerusan daerah terdampak intrusi pada daerah penelitian secara vertikal, *fence* dibuat miring 45° dari arah utara dan dicuplik sebanyak 5 kali dengan jarak antara *fence* sebesar 72.8 m. Pada diagram *fence* vertikal ini dapat dilihat bahwa tidak hanya lapisan Lempung berpasir saja yang mendominasi di permukaan, lapisan Lempung juga mendominasi pada bagian barat dan bawah permukaan daerah penelitian, diikuti dengan lapisan Batu Gamping yang letaknya cukup dalam seperti yang terlihat pada *fence* vertikal ke-4 dari selatan. Terlihat pada bagian selatan diagram didominasi oleh adanya daerah berwarna biru yang sebelumnya diinterpretasikan sebagai daerah terdampak intrusi yang mana pada *fence* paling selatan tersebut terlihat dampak dari intrusi yang sudah parah mencapai permukaan dari dasar diagram, jika dilihat kemenerusan dampak intrusi terus mengarah ke utara tetapi condong ke arah timur dari diagram, hal ini dikarenakan pada bagian timur diagram didominasi oleh lapisan Lempung Berpasir yang memiliki nilai porositas dan permeabilitas yang cukup baik sehingga air laut dapat masuk dan melewati lapisan Lempung Berpasir hingga pada kondisi tertentu mendekati permukaan dan juga tekanan dan massa jenis air laut yang lebih besar dari air tanah sehingga dapat lebih mudah menerobos masuk dan mengisi lapisan Lempung Berpasir, faktor lain yang juga mempengaruhi pergerakan air laut dan terkontaminasi adalah adanya sungai di sisi timur Dusun Bajulmati yang diduga mempengaruhi pergerakan intrusi hingga dapat mengarah terus menjauhi bibir pantai hingga pemukiman dusun.



Gambar 4.20 Diagram *Fence* Horizontal Model Resistivitas Tiga Dimensi (21 hingga 12 Mdpl)



INFORMASI			PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA		
PANJANG	364 m		JURUSAN FISIKA		
LEBAR	182 m		FAKULTAS MATEMATIKA & ILMU PENGETAHUAN ALAM		
TINGGI	18,5 m		UNIVERSITAS BRAWIJAYA		
TIPE	FENCE		TAHUN 2019		
			© MUHAMMAD ABIYU FARRAS - TEKNIK GEOFISIKA 2015		

Gambar 4.21 Diagram Fence Horizontal Model Resistivitas Tiga Dimensi (09 hingga 0 Mdpl)

Gambar 4.20 dan 4.21 menampilkan diagram *fence* horisontal model resistivitas tiga dimensi dengan melakukan *slicing* secara horisontal sebanyak delapan *fence* mulai ketinggian 21 mdpl hingga 0 mdpl pada setiap selisih ketinggian 3 m sehingga dihasilkan *fence* diagram pada 21 mdpl, 18 mdpl, 15 mdpl, 12 mdpl, 9 mdpl, 6 mdpl, 3 mdpl, dan 0 mdpl. Diagram *fence* horisontal bertujuan untuk melakukan pendekatan daerah terdampak intrusi berdasarkan ketinggian. Diagram *fence* horisontal dibagi menjadi dua gambar, Gambar 4.20 mewakili diagram dari ketinggian 21 mdpl hingga 12 mdpl dan Gambar 4.21 mewakili diagram dari ketinggian 9 mdpl hingga 0 mdpl.

Pada Gambar 4.20, *fence* pada elevasi 21 mdpl didominasi oleh lapisan Batuan Lempung Berpasir pada sisi sebelah timur diagram dan pada sebelah barat diagram terdapat pula lapisan Batuan Lempung, lapisan *fence* pada elevasi 21 mdpl ini terlihat didominasi oleh lapisan Batuan Lempung Berpasir dengan nilai resistivitas yang rendah, hal ini dikarenakan posisinya yang masih dekat dengan permukaan (24 mdpl), dimana pada permukaan, selain didominasi oleh rumah penduduk, lahan juga diisi dengan banyak perkebunan dan sawah sehingga basah dan menyebabkan nilai resistivitasnya rendah, terlihat juga sedikit daerah terdampak intrusi pada sisi timur ke utara daerah penelitian, kondisinya yang dekat dengan permukaan diduga dari sungai dan bawah permukaan dengan volume yang masih sedikit. Pada *fence* dengan elevasi 18 mdpl dapat dilihat terdapat lapisan Batuan Lempung Berpasir dan Batuan Lempung yang sama mendominasi, pada *fence* ini dapat dilihat bahwa Lempung Berpasir sedikit berkurang pada daerah utara daerah penelitian dan semakin melebar pada sisi selatan daerah penelitian, terlihat daerah terdampak intrusi sebelumnya yang mulai semakin berkurang. Pada *fence* dengan ketinggian 15 mdpl, didominasi oleh lapisan Batuan Lempung Berpasir lalu lapisan Batuan Lempung, daerah terdampak intrusi pada sisi timur ke utara sudah tidak terlihat tetapi mulai muncul sedikit lapisan terdampak intrusi di tengah daerah penelitian. Selanjutnya pada *fence* dengan ketinggian 12

mdpl, didominasi oleh lapisan Batuan Lempung dan lapisan Batuan Lempung Berpasir mulai berkurang keberadaannya, pada sisi selatan daerah penelitian mulai terlihat daerah terdampak intrusi, sedangkan pada daerah terdampak yang berada di tengah terlihat berkurang dan seperti bergerak ke arah utara.

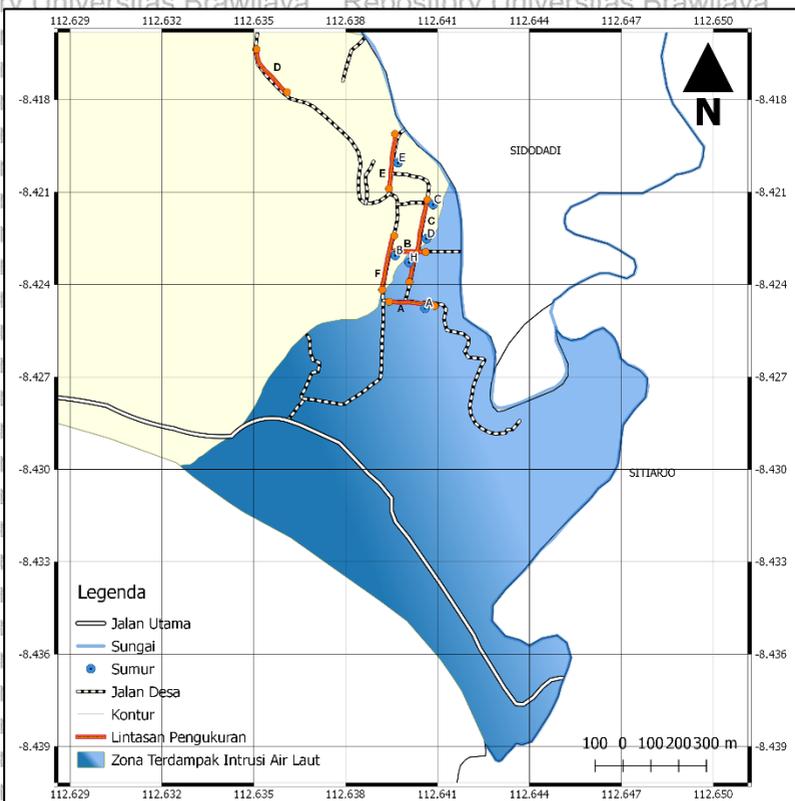
Gambar 4.21 menampilkan kelanjutan dari diagram *fence* horisontal. *Fence* pada kedalaman 9 mdpl terlihat didominasi oleh lapisan Batuan Lempung yang terdapat di tengah daerah penelitian seakan menghalangi masuknya air laut pada sisi selatan daerah penelitian yang telah terdampak intrusi, lapisan batuan Lempung diselimuti oleh lapisan Batuan Lempung Berpasir tetapi lapisan Batuan Lempungnya lebih tebal, pergerakan daerah terintrusi di tengah daerah penelitian pun mengecil dan semakin terlihat pergerakannya ke arah utara pada sisi timur daerah penelitian ditandai dengan semakin besarnya daerah terdampak intrusi. Pada *fence* dengan kedalaman 6 mdpl, masih didominasi oleh lapisan Batuan Lempung dan diselimuti oleh lapisan Batuan Lempung Berpasir, sisi selatan terlihat dampak intrusi yang semakin parah dan melebar, daerah terdampak intrusi di sisi timur daerah penelitian menunjukkan pergerakan intrusi yang semakin ke utara pada sisi timur daerah penelitian ditunjukkan dengan hilangnya daerah terdampak intrusi di tengah lapisan Batuan Lempung ke utara sisi timur daerah penelitian. Pada *fence* dengan kedalaman 3 mdpl, masih didominasi oleh lapisan Batuan Lempung yang diselimuti dengan lapisan Batuan Lempung Berpasir, terlihat pada sisi selatan daerah penelitian daerah terdampak intrusi semakin melebar seiring bertambahnya kedalaman dan intrusi pada sisi timur semakin menunjukkan pergerakannya yang menuju utara condong ke timur tetapi mulai berkurang. Sedang pada *fence* kedalaman 0 mdpl dimana sejajar dengan permukaan air laut, dapat dilihat masih didominasi lapisan Batuan Lempung yang tebal lalu lapisan Batuan Lempung Berpasir serta mulai muncul lapisan Batuan Gamping, daerah terdampak intrusi pada sisi selatan daerah penelitian masih melebar seiring bertambahnya kedalaman, dan daerah terdampak

intrusi di tengah daerah penelitian yang sebelumnya diduga bergerak ke arah utara tidak terlihat lagi, hal ini menunjukkan bahwa intrusi pada tengah daerah penelitian ke utara merupakan intrusi yang terbawa dari daerah terdampak pada lintasan A yang bergerak menuju lintasan B dan C di tengah daerah penelitian menuju ke arah utara dan juga bisa diduga merupakan bawaan dari sungai yang mengalir searah dengan lintasan penelitian, Intrusi yang berada di lintasan C dan B merupakan intrusi yang ada akibat pergerakan aliran intrusi yang sudah terdampak parah pada lintasan A.

Intrusi pada daerah selatan penampang yang berada tepat di bawah lintasan A merupakan intrusi yang terdampak langsung, dimana air laut masuk melewati lapisan Batuan Lempung Berpasir yang dengan tekanan dan massa jenis yang lebih tinggi dari air tanah dapat dengan mudah menerobos dan mengisi lapisan Batuan Lempung Berpasir yang cukup poros dan *permeable* dan menyebabkan air tanah yang mengisi lapisan Batuan Lempung Berpasir tersebut terkontaminasi dengan air laut sehingga air terasa payau, hal ini dibuktikan dengan hasil uji salinitas pada sumur yang berada sekitar 10 m dari lintasan A yang terindikasi Payau karena nilai salinitasnya sebesar 3 ‰ dengan muka air sumur pada ketinggian 14 mdpl dimana sesuai dengan representasi model tiga dimensi, seiring bertambahnya volume air terkontaminan tersebut, air semakin mendekati permukaan kemudian melewati lapisan Batuan Lempung Berpasir pada kedalaman 18 hingga 15 mdpl dan bergerak ke arah utara dan bercampur dengan air tanah pada lintasan C bagian selatan menyebabkan air tanah tercampur dan payau, dibukti bahwa air sumur pada selatan lintasan C memiliki kadar salinitas sebesar 2 ‰ dan pergerakan masih terus berlangsung ke arah utara daerah penelitian dan bercampur dengan air tanah tetapi tidak menyebabkan air sampai payau (air tanah mendominasi), berkurangnya air laut yang bergerak ke arah utara melalui daerah terdampak intrusi di lintasan A diakibatkan adanya lapisan Batuan Lempung yang tebal dengan porositas dan permeabilitas buruk menyebabkan air laut atau air terkontaminan tidak dapat masuk dan

menembus menyebabkan dampak intrusi yang semakin menuju utara daerah penelitian semakin menyusut, ditandai dengan kadar salinitas pada sumur-sumur sebesar 10 ‰ yang berarti tidak mengandung air laut, hal lain yang menyebabkan pergerakan intrusi ke arah utara dan timur daerah penelitian adalah air sungai yang mengalir dekat dengan daerah penelitian, air sungai yang berasal dari pantai langsung tentunya membawa air laut yang semakin berkurang seiring bertambah jauhnya sungai dari laut, karena jarak pemukiman Dusun Bajulmati yang masih dekat dengan bibir pantai yaitu sekitar 900 m, menyebabkan lapisan Batuan Lempung Berpasir yang ada dibawah dan disisi sungai menyerap masuk air sungai yang payau dan bergerak masuk di sepanjang lapisan batuan Lempung Berpasir yang dekat dengan sungai.

Berdasarkan hasil analisa penampang resistivitas dua dimensi dan model resistivitas tiga dimensi berbagai model, dibuat Peta Zonasi Persebaran Daerah Terdampak Intrusi Air laut di Dusun Bajulmati seperti pada Gambar 4.22 yang menunjukkan sejauh mana persebaran dan pergerakan daerah terdampak intrusi di Dusun Bajulmati.



Gambar 4.22 Peta Zonasi Persebaran Daerah Terdampak Intrusi Air laut di Dusun Bajulmati

Pergerakan air laut atau lapisan yang terdampak intrusi di Dusun Bajulmati dapat dilihat pada Gambar 4.22, pergerakan air laut utama berasal dari air laut sekitar Dusun Bajulmati dan sumber lainnya berasal dari aliran sungai yang alirannya berasal dari pantai, aliran sungai tersebut berbatasan langsung dengan batas Dusun Bajulmati dan melewati pemukiman warga, material air laut yang berasal dari laut maupun aliran sungai tersebut mulai bergerak karena adanya tekanan dari air laut pada lapisan poros dan *permeable* yang berisi air tanah sehingga air tanah bercampur dengan air laut menyebabkan air tanah tersebut menjadi asin atau payau. Pada Gambar 4.22, daerah yang dilewati aliran sungai

merupakan daerah terdampak intrusi air laut, seperti yang telah disebutkan, pada sisi sungai daerah penelitian diisi oleh lapisan basah yang mampu menampung dan meloloskan air, karena air laut yang mengalir di sungai memiliki tekanan dan massa jenis yang lebih besar dari air tanah, membuatnya mudah masuk, mengisi dan mengkontaminasi air tanah didalamnya, air yang telah terkontaminasi tersebut seiring dengan berjalannya waktu tentu mampu mengisi penuh lapisan tersebut, dampak dari penulnya suatu lapisan basah adalah dapat menyebabkan lapisan disekitarnya yang cenderung lebih kering dan kurang porous dan *permeable* menjadi basah menyebabkan air terkontaminasi dan menyebar. Dampak intrusi air laut ini hanya terjadi pada sebagian kecil warga dusun, terutama yang bermukim lebih dekat dengan bibir pantai dan sungai, sedangkan warga lainnya tidak terdampak, dapat dilihat dari hasil uji salinitas air sumur warga pada Tabel 4.1. Pada dusun Bajulmati sendiri, dampak intrusi air laut memuncak pada musim kemarau, hal ini dikarenakan turunnya muka air tanah karena kurangnya resapan air dari permukaan sehingga menyebabkan pergerakan air laut yang masuk memiliki volume lebih banyak mengakibatkan air sumur warga terasa asin dan tidak dapat digunakan untuk konsumsi atau kebutuhan rumah tangga lainnya.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dengan metode resistivitas yang telah dilakukan, dapat diberikan kesimpulan diantaranya:

1. Lapisan bawah permukaan pada daerah penelitian digolongkan berdasarkan nilai resistivitasnya, diantaranya golongan nilai resistivitas rendah dengan nilai $0,2 \Omega\text{m}$ hingga $4 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai daerah yang terdampak intrusi, nilai resistivitas sedang dengan nilai $4 \Omega\text{m}$ hingga $30 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai Lapisan Batuan Lempung Berpasir, nilai resistivitas tinggi dengan nilai $30 \Omega\text{m}$ hingga $200 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai Lapisan Batuan Lempung, dan dengan nilai resistivitas sangat tinggi dari $200 \Omega\text{m}$ hingga $1806,25 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai Lapisan Batu Gamping, dengan hasil pada setiap lintasan adalah sebagai berikut:
 - Lintasan A dengan rentang nilai resistivitas dari $0,18 \Omega\text{m}$ hingga $58,78 \Omega\text{m}$ memiliki lapisan bawah permukaan berupa lapisan terdampak intrusi air laut, lapisan lempung berpasir, dan sisipan lempung.
 - Lintasan B dengan rentang nilai resistivitas dari $1,63 \Omega\text{m}$ hingga $158,52 \Omega\text{m}$ memiliki lapisan bawah permukaan berupa lapisan terdampak intrusi air laut, lapisan lempung berpasir, dan lapisan lempung.
 - Lintasan C dengan rentang nilai resistivitas dari $0,7 \Omega\text{m}$ hingga $165,9 \Omega\text{m}$ memiliki lapisan bawah permukaan berupa lapisan terdampak intrusi air laut, lapisan lempung berpasir, dan lapisan lempung.
 - Lintasan D dengan rentang nilai resistivitas dari $9,06 \Omega\text{m}$ hingga $521,3 \Omega\text{m}$ memiliki lapisan bawah permukaan berupa lapisan lempung berpasir, lapisan lempung, dan lapisan batu gamping.

- Lintasan E dengan rentang nilai resistivitas dari 4,78 Ωm hingga 190,89 Ωm memiliki lapisan bawah permukaan berupa lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung.
- Lintasan F dengan rentang nilai resistivitas dari 6,78 Ωm hingga 162,26 Ωm memiliki lapisan bawah permukaan berupa lapisan lempung berpasir dan lapisan lempung.

Berdasarkan hasil tersebut diketahui daerah terdampak berada di sekitar lintasan A, B, dan C.

2. Lapisan bawah permukaan yang terdampak intrusi air laut berada di daerah penelitian yang dekat dengan lintasan A, B, dan C. Lapisan terdampak intrusi air laut memiliki nilai tahanan jenis mulai 0,2 Ωm hingga 4 Ωm , dimana diisi oleh air payau hingga asin, semakin kecil nilai tahanan jenis semakin asin air bawah tanah yang tercemar akibat dampak intrusi.
3. Dampak intrusi air laut pada Dusun Bajulmati sudah memasuki sebagian kecil daerah pemukiman. Hal ini disebabkan karena daerah pemukiman yang berada dekat dengan bibir pantai, turunnya muka air tanah, meningkatnya muka air laut, dan juga dekatnya jarak pemukiman warga dengan sungai yang alirannya terdapat campuran air laut menyebabkan air tanah pemukiman terkotaminasi.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian dengan lintasan yang lebih banyak sebarannya dan lebih panjang bentangannya agar didapatkan hasil yang lebih luas, akurat, dan lebih dalam sehingga dapat memaksimalkan analisa dan penentuan langkah penanggulangan intrusi air laut yang terjadi di Dusun Bajulmati.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, M.A. 2007. Modul Praktikum Geolistrik. Semarang: Unnes
- 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. Bandung: ITB
- Andriyani S, Ramelan, A.H., Sutarno, 2010. Metode Geolistrik *Imaging* Konfigurasi *Dipole-dipole* Digunakan untuk Penelusuran Sistem Sungai Bawah Tanah pada Kawasan Karst di Pacitan Jawa Timur, Jurnal Ekosains UNS, No.1, Vol.II, Halaman 46-54.
- Asdak, C. 2007. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: UGM Press.
- Barlow, Paul M. 2003. *Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments of the Atlantic Coast*. United States: The United States Geological Survey (USGS).
- Bemellen, R.W. Van. 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. 1 A. The Hague: Government Printing Office.*
- Chemiasoft. 2019. *Chemiasoft Practical Salinity Index.*
- Cristi, Kerista, S. 2013. Studi Intrusi Air Laut dengan Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi *Dipole-dipole* di Kawasan Desa Lubuk Saban Kecamatan Pantai Cermin Provinsi Sumatera Utara. Medan: Departemen Fisika, Universitas Sumatera Utara.
- Delinom, M.D. 2007. Sumberdaya Air dan Lingkungan (Potensi, Degradasi, dan Masa Depan). Jakarta: LIPI.
- Dinas Komunikasi dan Informasi Kabupaten Malang. 2018. Kondisi dan Geologi Desa Gajahrejo. Malang: Pemerintah Kabupaten Malang.

Hendrajaya, L., Arif, I., 1990. Geolistrik Tahanan Jenis. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika FMIPA ITB.

Kodoatie, Robert J., Sjarief, R., 2006. Pengelolaan Sumber Bencana Terpadu – Banjir, Longsor, Kekeurangan, dan Tsunami. Yogyakarta: Andi.

Pryambodo, Dino, G., Supriyadi. 2015. Zonasi Penurunan Muka Air Tanah di Wilayah Pesisir Berdasarkan Teknik Geofisika Gayaberat Mikro 4D (Studi Kasus: Daerah Industri Kaligawe - Semarang), Jurnal Kelautan Nasional, Vol 10 No. 3.

Purnama, S. 2000. Bahan Ajar Geohidrologi. Yogyakarta: Fakultas Geografi, UGM.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1992. Peta Geologi Lembar Turen. Bandung: Perpustakaan Teknik Geologi ITB.

Putranto, T.T., Kusuma, K.I. 2008. Permasalahan Air pada Daerah Urban. Semarang: Jurnal Teknik dan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Rochadi, B. 2009. Deteksi Intrusi Air Laut dengan Metode Tahanan Jenis dan Polarisasi Terimbas di Pantai Jepara. Bandung: Universitas Diponegoro.

Salam, R. 2011. Kajian Akuifer Pantai Pulau Ternate. Jurnal Aplikasi Fisika, 7(2): 51-52.

Santoso, D. 2002. Pengantar Teknik Geofisika. Bandung: Penerbit ITB.

Smyth, H. 2005. *Eocene to Miocene Basin History and Volcanic Activity in East Java, Indonesia*. London: *PhD Thesis University of London*.

Soemarto, C. D. 1999. Hidrologi Teknik. Jakarta: Penerbit Erlangga

Supriyadi, I, H. 1991. Pendugaan Kandungan Airtanah dan Air Asin dengan Geolistrik. Lonawarta, 1: 51-67.

Telford, W.M. 1982. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A. 1976. *Applied Geophysics: 1st Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Todd, D. K. 1980. *Groundwater Hydrology, 2nd Edition*. New York: John Wiley and Sons.

Ulfa, M., Suaidi, D., Sujito. 2014. Identifikasi Intrusi Air Laut ke dalam Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis di Pantai Bajulmati Malang. Malang: Universitas Negeri Malang.

Waluyo, dkk. 2005. Buku Panduan Workshop Geofisika. Yogyakarta: Laboratorium Geofisika Program Studi Geofisika UGM.

Yulianingrum, D. 2011. Skripsi: Pemetaan Resistivitas Area Rawan Longsor dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner. Malang: Universitas Negeri Malang

Zohdy, A. A., Eaton, G. P., Mabey, D. R. 1980. *Application Of Surface Geophysics To Ground Water Investigation: Chapter D1*. Washington: United States Government Printing Office.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Hasil Penelitian

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id	FPO 5.10-1		
FORMULIR		Tgl. Terbit / Revisi : 20 September 2019		
JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN		Halaman : 1-1 File : M. Abiyyu		
Nomor : 085/UN.32.3.7.3/LT/2019 Nama Pemilik : Muhammad Abiyyu Farras Alamat : Perum Pesona Mutiara Tidar Blok B-12, Malang Jenis contoh : Cair Metode Uji : Refraktometri Tanggal Terima Sampel : 12 September 2019 Tanggal Uji Sampel : 20 September 2019 Hasil Pengujian : Salinitas dan Gravitasi spesifik				
No	Kode Sampel	Salinitas ($^{\circ}/_{00}$)	Gravitasi spesifik (d_{20}^{20})	Keterangan
1	A	3	1.002	
2	B	0	1.000	
3	C	0	1.000	
4	D	0	1.000	
5	E	0	1.000	
6	F	32	1.024	
7	G	0	1.000	
8	H	2	1.001	

23 September 2019
 Kepala Laboratorium Kimia,



Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si
NIP 196705011996031002

Lampiran 1.1 Hasil Uji Salinitas Sampel Sumur

Lampiran 2: Dokumentasi



Lampiran 2.1 Proses Akuisisi Data



Lampiran 2.2 Kontrol Kualitas Data



21/04/2019

Lampiran 2.3 Persiapan Akuisisi Data



12/09/2019

Lampiran 2.4 Botol Sampel Sumur untuk Uji Salinitas (A = 3 ‰, B = 0 ‰, C = 0 ‰, D = 0 ‰, E = 0 ‰, F = 32 ‰, G = 0 ‰, H = 2 ‰)