

APLIKASI METODE GEOLISTRIK UNTUK MENYELIDIKI INTRUSI AIR LAUT DI KAWASAN PANTAI KOTA SEMARANG (KALIGAWA)

Dhana Hastuti¹⁾, Fitra Ramdhani¹⁾, Fajar Waskito¹⁾, Galang Virgiawan²⁾, Ganap Yuliana Febrika¹⁾, dan Agus Setyawan¹⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: hana@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

Kaligawe is a village in East Semarang, Central Java, Indonesia. Rising population lead to increased ground water extraction and land use. Excessive groundwater abstraction resulting height difference surface ground water to the surface of the sea water, causing sea water intrusion. To determine the value of the depth of seawater intrusion areas of research conducted using resistivity method. Data is collected as much as 3 lines. The field data in the form of current, potential difference, and apparent resistivity processed. Then made modeling 2D with Res2Dinvx32 software to produce the actual resistivity and depth of each layer of the earth's subsurface. The results showed seawater intrusion occurs in the northwest, east and south of the study area is shown with a small resistivity of 2.07-13.2 Ω m at a depth of 0-35 m below the earth's surface.

Keywords: Kaligawe, Resistivity, and Seawater intrusion

ABSTRAK

Kaligawe merupakan suatu Kelurahan di Kota Semarang Timur, Jawa Tengah, Indonesia. Padatnya jumlah penduduk mengakibatkan meningkatnya pengambilan air tanah maupun penggunaan lahan. Pengambilan air tanah secara berlebihan mengakibatkan perbedaan tinggi permukaan air tanah dengan permukaan air laut sehingga menyebabkan intrusi air laut. Untuk menentukan nilai kedalaman intrusi air laut daerah penelitian dilakukan menggunakan metode geolistrik. Pengambilan data dilakukan sebanyak 3 line. Data lapangan berupa arus, beda potensial, dan resistivitas semu diolah. Kemudian dibuat pemodelan 2D dengan software Res2Dinvx32 sehingga menghasilkan resistivitas sebenarnya dan kedalaman tiap lapisan bawah permukaan bumi. Hasil penelitian menunjukkan intrusi air laut terjadi di bagian barat laut, timur dan selatan daerah penelitian ditunjukkan dengan resistivitas kecil sebesar 2.07-13.2 Ω m pada kedalaman 0-35 m di bawah permukaan bumi.

Kata kunci: Kaligawe, Geolistrik, dan Intrusi air laut

PENDAHULUAN

Kaligawe merupakan kelurahan yang terletak di Kota Semarang Timur, Jawa Tengah, Indonesia. Kaligawe terdiri atas dua wilayah yaitu wilayah pemukiman padat penduduk dan wilayah industri. Menurut [1] jumlah penduduk di kelurahan Kaligawe sebanyak 12.107 jiwa. Kepadatan penduduk ditambah dengan kegiatan industri di kelurahan Kaligawe menyebabkan kebutuhan akan air tanah meningkat.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa pengambilan air tanah secara berlebihan mengakibatkan perbedaan tinggi permukaan air tanah dengan permukaan air laut sehingga menyebabkan air laut yang mengandung unsur

garam seperti klorida (Cl) merembes ke dalam air tanah [2].

Secara geografis kelurahan Kaligawe terletak di kawasan pesisir pantai utara Pulau Jawa. Pengambilan air tanah secara besar-besaran di kawasan pesisir pantai menyebabkan kosongnya rongga-rongga batuan akuifer [3] yang berpotensi menyebabkan intrusi air laut [4]. Intrusi air laut kedalam akuifer daerah pantai telah menjadi perhatian utama [5] karena merupakan yang paling umum dari semua polutan di air tawar, karena itu, pemahaman tentang intrusi air laut sangat penting untuk pengelolaan sumber daya pesisir air [6]. Intrusi air laut ke dalam akuifer di daratan pada

dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai [7].

Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian menggunakan metode geolistrik dengan konfigurasi dipole-dipole sehingga mendapatkan nilai resistivitas lapisan batuan. Penelitian ini bertujuan untuk untuk menentukan kedalaman intrusi air laut Kaligawe berdasarkan nilai resistivitas.

Kondisi Geologi

Berdasarkan peta geologi lembar Magelang Semarang susunan stratigrafi Kaligawe [8] adalah sebagai berikut:

a. Aluvium (Qa)

Merupakan endapan aluvium pantai, sungai dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau, pasir dan campuran dengan ketebalan mencapai 50 m atau lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1-3 m. Bongkah tersusun andesit, batu lempung dan sedikit batu pasir.

b. Formasi Damar (Qtd)

Batuannya terdiri dari batu pasir tufaan, konglomerat, dan breksi vulkanik. Batu pasir tufaan berwarna kuning kecoklatan berwarna berbutir halus-kasar, komposisi terdiri dari mineral mafik, felspar, dan kuarsa dengan massa dasar tufan, porositas sedang. Konglomerat berwarna kuning kecoklatan hingga kehitamaan, komponen terdiri dari andesit, basalt, batu apung, berukuran 0,5 - 5 cm, membundar tanggung hingga membundar baik, agak rapuh. Breksi vulkanik mungkin diendapkan sebagai lahar, berwarna abu-abu kehitamaan, komponen terdiri dari andesit dan basalt, berukuran 1-20 cm, menyudut - membundar tanggung agak keras.

Kondisi Hidrologi

Potensi air di Kota Semarang bersumber pada sungai - sungai yang mengalir di Kota

Semarang antara lain Kali Garang, Kali Pengkol, Kali Kreo, 18 Kali Banjir Kanal Timur, Kali Babon, Kali Sringin, Kali Kripik, Kali Dungadem dan lain sebagainya. Kali Garang sebagai sungai utama yang mengalir membelah lembah-lembah Gunung Ungaran mengikuti alur yang berbelok-belok dengan aliran yang cukup deras [9]. Akuifer pada wilayah pesisir Kota Semarang umumnya berupa endapan alluvial dan Delta Garang yang memiliki kedalaman antara 60 meter sampai dengan 90 meter, terutama di wilayah Kecamatan Semarang Barat dan lebih dari 90 meter di wilayah Kecamatan Semarang Timur dan Kecamatan Semarang Utara [1].

Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat tahanan jenis batuan untuk menyelidiki keadaan dibawah permukaan bumi [10]. Pengukuran dilakukan di atas permukaan tanah dengan menginjeksikan arus melalui dua elektroda penghantar arus (C1 dan C2) kemudian mencatat beda potensial yang terukur dari dua elektroda potensial (P1 dan P2)[11].

Hasil pengukuran tersebut memberikan informasi mengenai distribusi tahanan jenis bawah permukaan. Harga tahanan jenis batuan ditentukan oleh masing-masing tahanan jenis unsur batuan [10]. Hantaran listrik pada batuan sebagian besar ditentukan oleh distribusi elektrolit yang ada di dalam pori-pori batuan tersebut. Struktur bawah permukaan yang lebih dalam dapat diketahui dengan penambahan jarak masing-masing elektroda arus dan elektroda potensial secara bertahap. Semakin besar spasi elektroda maka efek penembusan arus ke bawah semakin dalam, sehingga batuan yang lebih dalam akan dapat diketahui sifat-sifat fisisnya. Tahanan jenis bawah permukaan berhubungan dengan berbagai parameter geologi, misalnya kandungan mineral dan fluida, porositas, dan derajat saturasi air dalam batuan [12].

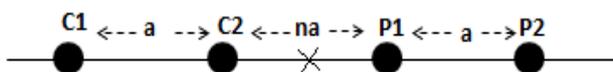
Data lapangan berupa nilai arus listrik (I) dan potensial listrik (V) menghasilkan nilai

resistivitas semu (ρ_a) yang dapat dihitung dengan persamaan (1) [12].

$$\rho_a = k \frac{V}{I} \quad (1)$$

ρ_a merupakan nilai resistivitas semu dalam satuan Ohm, k adalah faktor geometri yang bergantung pada susunan elektroda (konfigurasi). I adalah arus yang diinjeksikan dan V adalah beda potensial yang terukur. Resistivitas semu merupakan tahanan jenis dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau [12].

Pada penelitian ini digunakan konfigurasi dipole-dipole, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Konfigurasi dipole – dipole ($n = 1, 2, 3, \dots$) [13]

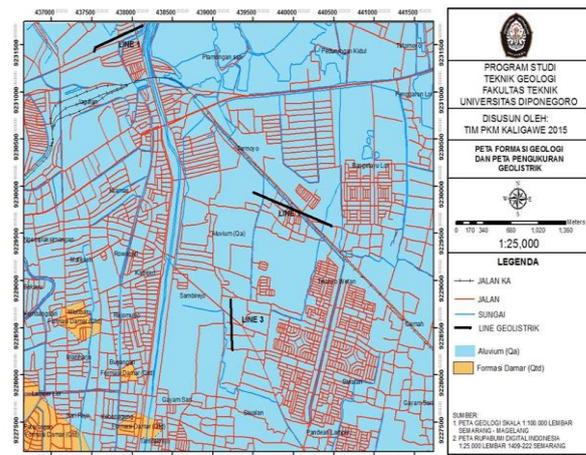
Faktor geometri untuk konfigurasi dipole-dipole yang ditunjukkan pada persamaan 2.

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

dengan k_d adalah konfigurasi dipole – dipole, a adalah jarak antara kedua, na adalah jarak spasi antara elektroda potensial dengan elektroda arus dimana nilai n adalah bilangan bulat [13]. Variasi n digunakan untuk mendapatkan berbagai kedalaman tertentu, semakin besar n maka kedalaman yang diperoleh juga semakin besar. Tingkat sensitivitas jangkauan pada konfigurasi dipole-dipole dipengaruhi oleh besarnya a dan variasi n [14].

METODE PENELITIAN

Proses pengambilan data metode geolistrik dilakukan pada tanggal 26 April – 09 Juni 2015 sebanyak 3 line yaitu di bagian barat laut, timur, dan selatan Kaligawe yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta pengukuran metode geolistrik

Pengambilan data menggunakan peralatan resistivitymeter dengan jenis Naniura NRD 22S. Konfigurasi elektroda yang digunakan yaitu dipole-dipole sebanyak 3 line.

Data lapangan yang diperoleh berupa nilai beda potensial V, arus I, dan resistivitas semu selanjutnya diolah menggunakan *Microsoft Excell* sehingga didapatkan nilai resistivitas sebenarnya. Kemudian dilakukan proses interpretasi dengan membuat pemodelan 2D menggunakan *software Res2Dinvx32* untuk selanjutnya diinterpretasikan jenis batuan setiap lapisan berdasarkan korelasi nilai resistivitas dengan informasi geologi.

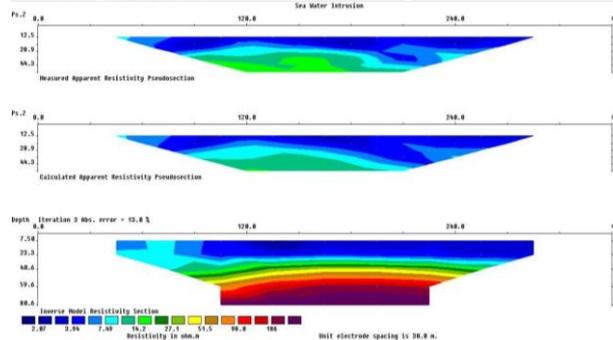
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dua dimensi geolistrik merupakan gambaran lapisan batuan bawah permukaan pada daerah penelitian. Pemodelan menggunakan *software Res2Dinvx32* menghasilkan output berupa gambaran lapisan batuan bawah permukaan dengan parameter resistivitas.

Line 1

Pemodelan 2D geolistrik pada line 1 yang terletak di bagian barat laut daerah penelitian menunjukkan 4 lapisan batuan dengan rentang seperti yang terlihat gambar 3 dengan resistivitas tertentu. Lapisan pertama dengan resistivitas 2.07-3.94 Ωm dan

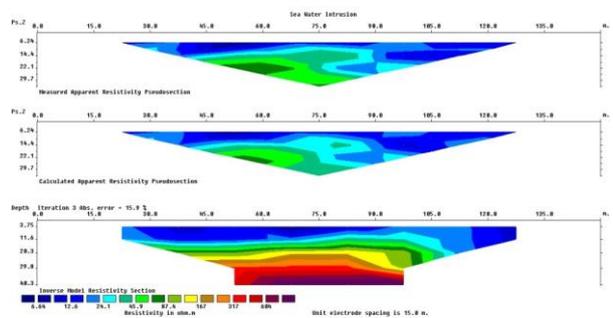
kedalaman 0-35 meter diinterpretasikan sebagai intrusi air laut. Lapisan kedua dengan kedalaman 35-50 meter diinterpretasikan sebagai batu lempung, lapisan ketiga dengan kedalaman 50-70 meter diinterpretasikan sebagai batu lempung pasiran, lapisan keempat dengan kedalaman 70-80 meter diinterpretasikan sebagai batu pasir.



Gambar 3. Pemodelan 2D geolistrik bagian barat laut lokasi penelitian

Line 2

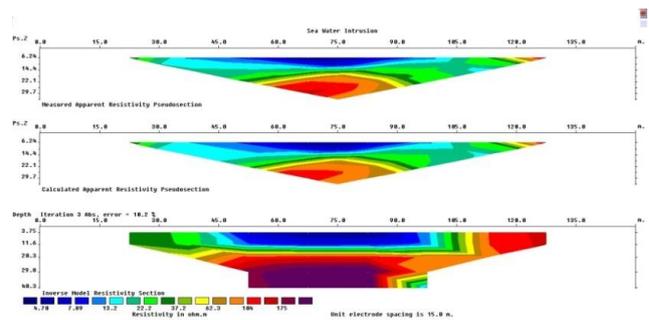
Pemodelan 2D geolistrik pada line 2 yang terletak di bagian timur daerah penelitian menunjukkan 4 lapisan batuan seperti yang terlihat gambar 4 dengan rentang resistivitas tertentu. Lapisan pertama dengan resistivitas 6.64 – 12.6 Ω m dan kedalaman 0 - 11.6 meter diinterpretasikan sebagai batu pasir dan juga diinterpretasikan sebagai intrusi air laut. Lapisan kedua dengan kedalaman 4 – 21 meter diinterpretasikan sebagai batu lanau pasiran, lapisan ketiga dengan kedalaman 22 – 29 meter diinterpretasikan sebagai batu lanau, dan lapisan keempat dengan kedalaman 29 – 40.3 meter diinterpretasikan sebagai batu lempung.



Gambar 4. Pemodelan 2D geolistrik bagian timur lokasi penelitian

Line 3

Pemodelan 2D geolistrik pada line 3 yang terletak di bagian selatan daerah penelitian menunjukkan 4 lapisan batuan seperti yang terlihat gambar 5 dengan rentang resistivitas tertentu. Lapisan pertama dengan resistivitas 4.78 – 13.2 Ω m dan kedalaman 0 - 11.6 meter diinterpretasikan sebagai batu pasir dan juga diinterpretasikan sebagai intrusi air laut. Lapisan kedua dengan resistivitas 22.2 – 37.2 Ω m diinterpretasikan sebagai batu lanau pasiran, lapisan ketiga dengan resistivitas 62.3 – 104 Ω m diinterpretasikan sebagai batu lanau, dan lapisan keempat dengan resistivitas sebesar 175 Ω m diinterpretasikan sebagai batu lempung.



Gambar 5. Pemodelan 2D geolistrik bagian selatan lokasi penelitian

Setiap lapisan pertama diduga adanya intrusi air laut dikarenakan air laut merupakan larutan elektrolit dimana larutan tersebut memiliki konduktivitas yang baik sehingga dapat menghantarkan listrik dengan baik. Hal ini diperkuat dengan nilai resistivitas batuan yang lebih rendah dikarenakan hubungan antara konduktivitas dengan resistivitas berbanding terbalik. Semakin kecil nilai resistivitas suatu batuan maka nilai konduktivitasnya besar sehingga mudah menghantarkan arus listrik, begitu juga sebaliknya semakin besar nilai resistivitas suatu batuan maka nilai konduktivitasnya kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dalam menyelidiki intrusi air laut dapat disimpulkan yaitu wilayah yang telah terintrusi yaitu di bagian barat laut, timur, dan selatan Kaligawe ditunjukkan dengan resistivitas kecil sebesar 2.07-13.2 Ω m pada kedalaman 0-35 m di bawah permukaan bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ilmiah ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin Penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah membiayai PKM Penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Pusat Statistik (2014) *Profil Kependudukan Kota Semarang 2014*, Badan Pusat Statistik, Kota Semarang.
- [2]. Suhartono, E., Purwanto, dan Suripin (2013) *Kondisi Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Pada Akuifer di Kota Semarang*, Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan 2013.
- [3]. Pacheco, dkk. (2006) *Delimitation Of Ground Failure Zones Due To Land Subsidence Using Gravity Data And Finite Element Modelling In The Queretaro Valley Mexico*, Engineering Geology, Vol. 84, 143-160.
- [4]. Qahman. K.A. dan Zhou. Y. (2001) *Monitoring of Seawater Intrusion in The Gaza Strip, Palestine*, First International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifer Monitoring, Modeling and Management Essaouira, April 23-25, 2001.
- [5]. Batayneh, A.T. (2006) *Use of electrical resistivity methods for detecting subsurface fresh and saline water and delineating their interfacial configuration: a case study of the eastern Dead Sea coastal aquifers*, Jordan Hydrogeology Journal, Vol 14, 1277-1283.
- [6]. Ginzburg, A dan Levanon, A. (1976) *Determination of a saltwater interface by electric resistivity depth soundings*, Hydrogeological Sciences, Vol. 21, 561-568.
- [7]. Nisa, K., T. Yulianto, S. Widada (2012) *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Menentukan Zona Intrusi Air Laut di Kecamatan Genuk Semarang*, Berkala Fisika, Vol. 15 No.1, 7-14.
- [8]. Thanden, dkk. (1996) *Geological Map Of The Magelang And Semarang Sheets*, Jawa, Second Edition, Geological Research and Development Centre. Bandung.
- [9]. Marsudi (2001) *Prediksi Laju Amblesan Tanah Di Dataran Alluvial Semarang Provinsi Jawa Tengah*, ITB, Bandung.
- [10]. Telford, W. M., Geldart, L.P., dan Sherif, R.E. (1990) *Applied Geophysics*, Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- [11]. Broto,S. dan Afifah R.S. (2008) *Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger*, Jurnal Teknik, Vol. 29 No. 2.
- [12]. Loke M.H. (2000) *Electrical Imaging Surveys For Enviromental And Engineering, Studies A Practical Guide To 2-D And 3-D Surveys*, Standford University Press.
- [13]. Reynolds, J.M. (1997) *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley & Sons Ltd. England.
- [14]. Waluyo dan E. Hartantyo (2000) *Teori Dan Aplikasi Metode Resistivitas*, Laboratorium Geofisika, Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.