

Studi Lapisan Air Tanah setelah 11 Tahun Tsunami Aceh Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Kecamatan Meuraxa, Banda Aceh

Application of Geoelectrical Resistivity Method to See Groundwater Condition in District of Meuraxa, Banda Aceh After 11 Years of Tsunami Disaster of Aceh

Laura Vadzla H¹, Dimas Kurnia¹, Riki Andika Mulia¹, Marwan^{1,2*}

¹Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Kebumihan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

²Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Unsyiah

Received: June Accepted: August

Identifikasi kondisi lapisan air tanah di Kecamatan Meuraxa, Banda Aceh menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger* telah dilakukan setelah 11 tahun bencana tsunami di provinsi Aceh. Resistivimeter ARES buatan GF Instrument digunakan untuk mendapatkan variasi nilai resistivitas. Tiga lintasan pengukuran dengan panjang 200 dan 300 m ditentukan untuk memperoleh informasi bawah permukaan. Pengolahan dan pemodelan data menggunakan *software* Res2dinv. Pemodelan data menunjukkan distribusi nilai resistivitas secara umum 0–374 Ωm dapat diidentifikasi sebagai Alluvium yang bersesuaian untuk semua lintasan. Namun pada lapisan tertentu terdapat intrusi air laut yang ditunjukkan dengan nilai resistivitas rendah yaitu 0–5 Ωm . Hasil studi menunjukkan bahwa bencana Gempa Bumi dan Tsunami Aceh tidak berdampak terhadap kondisi lapisan akuifer, intrusi air laut dimungkinkan akibat oleh masuknya air laut melalui rekahan atau celah-celah yang menembus lapisan akuifer.

Kata kunci: Tsunami, metode geolistrik, resistivitas, akuifer

Identification of conditions ground water in District of Meuraxa, Banda Aceh using the GeoElectrical resistivity method with Wenner-Schlumberger array has been done after 11 years of tsunami disaster in Aceh province. Resistivimeter of ARES made by GF Instrument is used to obtain values of resistivity variation. The measurement of three line with a length of 200 and 300 metres are choose to obtain subsurface information. Processing and modeling data is using Res2dinv software. Modeling data indicates the distribution of the resistivity values in General 0–374 Ωm can be identified as a corresponding Alluvium for all line. But in particular there is a layer of sea-water intrusion, indicated by a low resistivity value i.e. 0–5 Ωm . The devastating earthquake and Tsunami in Aceh does not affect the condition of the lining of the aquifer, sea-water intrusion is possible due to the influx of sea water by through fissures or cracks that penetrate the layers of the aquifer.

Keywords: Tsunami, geoelectrical method, resistivity, aquifer

PENDAHULUAN

Air merupakan unsur penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di Bumi. Air menutupi hampir 71% permukaan Bumi yang berwujud berupa cairan, es (padat) dan gas

(uap). Berdasarkan tempat asalnya, air terbagi atas 2 jenis yaitu air yang berada di permukaan dan air yang berada di bawah permukaan. Air tanah merupakan air yang terdapat pada lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan. Menurut Fetter (1994)

pada kedalaman tertentu, pori-pori tanah maupun batuan menjadi jenuh oleh air. Zona jenuh yang paling atas disebut dengan muka air tanah (*water table*). Air yang tersimpan pada zona jenuh disebut dengan air tanah, yang kemudian bergerak sebagai aliran air tanah melalui batuan, atau rembesan (*aquifer*) dan terkumpul di kolam, danau, sungai, dan laut. Davie dan De Wiest (1966) mendefinisikan air masuk secara bebas ke dalam sumur, baik dalam keadaan bebas (*unconfined*) maupun tertekan (*confined*).

Kondisi air tanah baik secara keadaan bebas maupun tertekan terdapat dalam Cekungan Air Tanah (CAT). Sebaran CAT di Indonesia telah diatur dalam PP No. 43 Tahun 2008. Ciri-ciri CAT yaitu mempunyai batas hidrogeologis yang dikontrol oleh kondisi geologis dan kondisi hidraulik air tanah. Batas hidrogeologis adalah batas fisik wilayah pengelolaan air tanah. Batas hidrogeologis dapat berupa batas antara batuan permeabel dan impermeabel, batas pemisah air tanah, dan batas yang terbentuk oleh struktur geologi yang meliputi kemiringan lapisan batuan, lipatan dan patahan. CAT harus mempunyai *recharge area* dan *discharge area* air tanah dalam satu sistem pembentukan air tanah.

Dalam skala waktu tertentu Cekungan Air Tanah mengalami perubahan dengan berbagai macam faktor, salah satu faktornya adalah bencana. Air dan bencana dapat saling mempengaruhi baik secara langsung maupun tidak langsung. Misalnya gempa bumi di Yogyakarta memberi dampak adanya liquifaksi dan adanya kekeringan pada sumur penduduk setelah kejadian gempa tersebut (Kodoatie et al, 2010). Pada 26 Desember 2004, gempa bumi dan tsunami melanda daerah paling barat Indonesia, yaitu Aceh. Penelitian yang dilakukan oleh Ahyar (2015) bencana tersebut telah mengubah garis pantai sepanjang Pantai Barat Aceh. Garis pantai bergeser antara 16 m sampai 1,174 m yang memungkinkan mempengaruhi kualitas air tanah pada lapisan akuifer di kawasan yang terkena dampak tsunami, khususnya Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh yang menjadi lokasi penelitian ini.

Secara geografis, saat ini kawasan Meuraxa berada 200 meter dari laut di sebelah utara dan 1000 m dari laut di sebelah barat. Artinya memungkinkan adanya kontaminasi air laut pada lapisan akuifer di kawasan tersebut. Ezra et al (2015) telah melakukan penelitian di kawasan Ulee Lheue terkait kualitas air tanah menggunakan metode geolistrik, ia

menemukan pada kedalaman 3 m sampai 9 m lapisan akuifer telah terkontaminasi oleh air laut. Kawasan Ulee Lheue berada dekat dengan Kecamatan Meuraxa, sehingga perkiraan terkontaminasinya lapisan akuifer terhadap air laut perlu dilakukan investigasi lebih lanjut.

Lapisan akuifer dapat dikaji menggunakan metode geolistrik karena memberikan informasi litologi bawah permukaan serta batas-batasnya dengan parameter fisika, yaitu resistivitas. Hasil yang diperoleh berupa variasi nilai resistivitas dari batuan di bawah permukaan. Faktor-faktor penyebab variasi nilai resistivitas adalah batuan penyusun, porositas dan kandungan air dalam batuan. Sehingga variasi tersebut dapat menginterpretasikan mengenai kondisi akuifer yang terkontaminasi oleh air laut dan yang tidak terkontaminasi. Metode ini memiliki kelebihan dalam eksplorasi dangkal pencarian air tanah.

Kondisi geologi lokasi penelitian

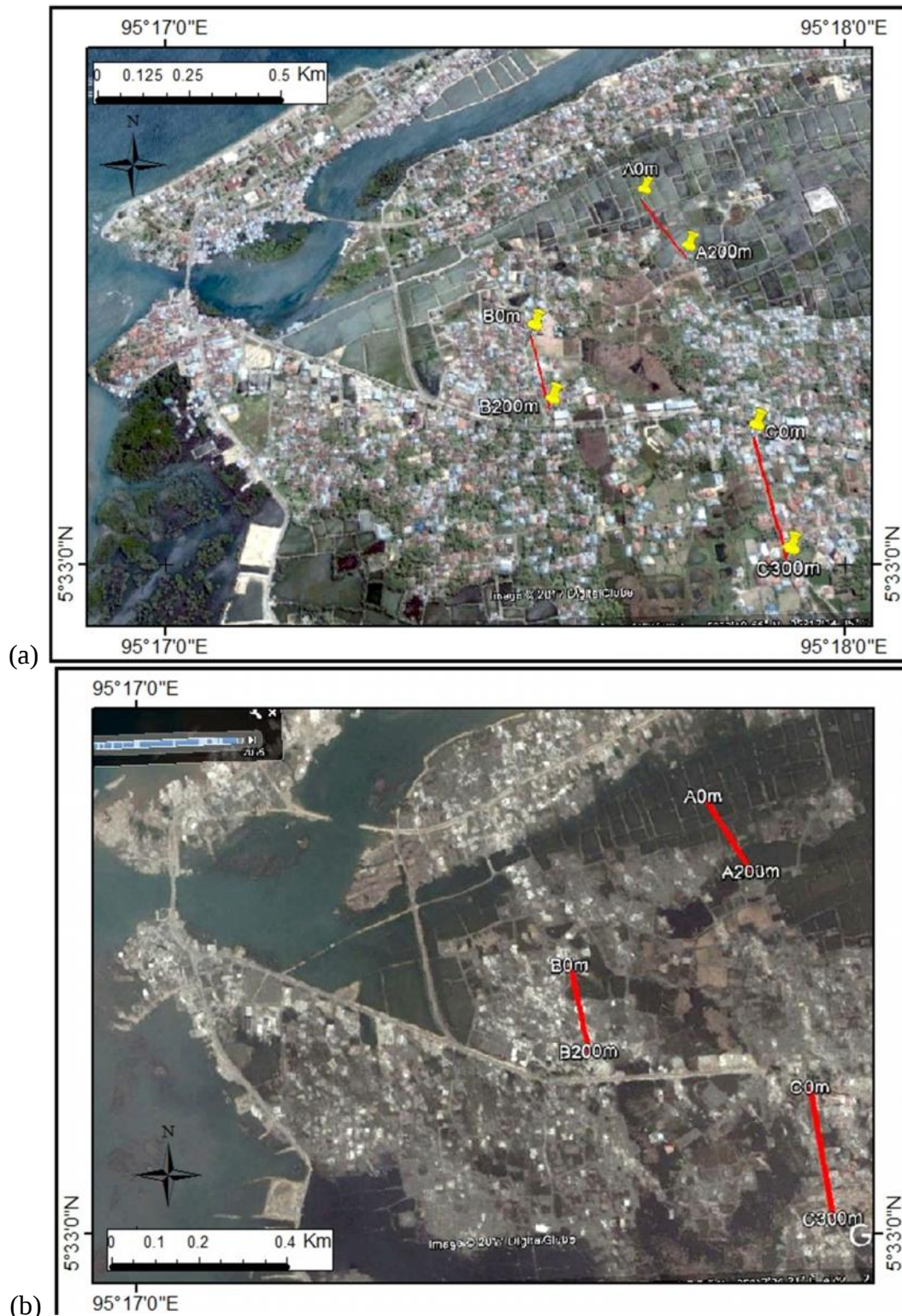
Secara administrasi kecamatan Meuraxa berada di Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Luas Kecamatan ini adalah 7.258 km² dengan persentase 11.83% dari luas Kota Banda Aceh. Kawasan ini berhadapan langsung dengan laut dari arah utara dan arah timur. Secara geologis, kota Banda Aceh terletak diantara dua patahan yang merupakan akibat dari Sesar Sumatera. Berada pada pertemuan Lempeng Eurasia dan Indo-Australia berjarak ± 130 km dari garis pantai barat sehingga daerah ini rawan terhadap Gempa Bumi dan Tsunami.

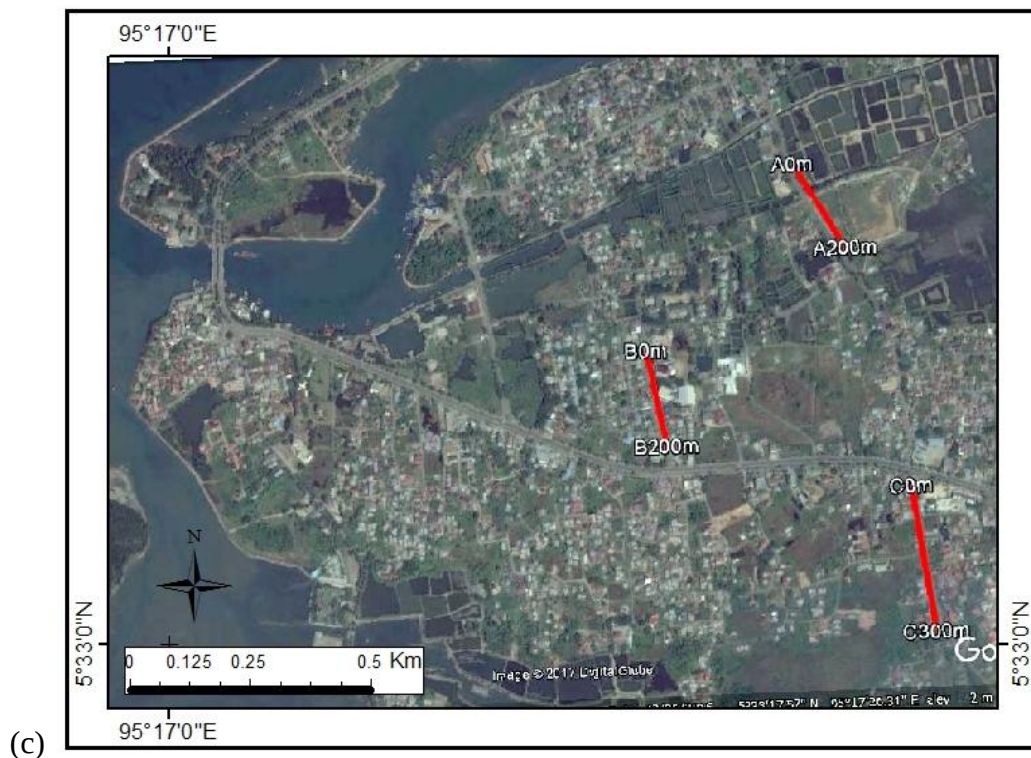
Litologi batuan kawasan tersebut merupakan satuan batuan Aluvium Banda Aceh, dengan jenis tanah merupakan pasir, kerikil dan lumpur (Bennet, 1981). Kondisi tersebut selaras dengan banyak terdapat tambak dan rawa. Hasil erosi partikel-partikel tanah diendapkan melalui media air sungai dan aliran permukaan pada daerah rendah. Daerah pesisir seperti Kecamatan Muaraxa terjadi endapan di tempat-tempat sekitar sungai-sungai besar dan anak-anak sungai. Selanjutnya akan terosi dan terbawa menyebar keseluruh kecamatan Meuraxa sehingga membentuk jenis tanah Aluvial.

Tahun 2004, kawasan ini termasuk salah satu kawasan dampak dari bencana tsunami yang sangat parah. Dampak tersebut adalah korban jiwa, rusaknya sarana dan prasarana, serta pergeseran garis muka pantai yang telah menjorok ke daratan. Perubahan lahan pada kawasan Meuraxa dapat dilihat Gambar 1. Dapat dilihat bahwa kawasan ini

dahulunya merupakan kawasan padat penduduk yang berada di pesisir pantai. Ketika tsunami melanda, kawasan tersebut luluh-lantak (Gambar 1b). Rumah-rumah penduduk, sarana dan prasarana telah hancur dan rata dengan tanah. Pada tahun 2005, pemerintah melakukan penimbunan lahan sedalam 1 sampai 2 meter di beberapa desa di

Kecamatan Meuraxa. Saat ini, lapisan tanahnya dapat diinterpretasikan sebagai top soil pada kedalaman 1-2 meter. Pemerintah Kota Banda Aceh bersama masyarakat kembali berbenah dengan membangun kembali fasilitas-fasilitas kota (Gambar 1c). Hingga sekarang kawasan tersebut kembali menjadi kawasan padat penduduk.





Gambar 1. (a) Peta kawasan Meuraxa, Kota Banda Aceh sebelum terjadinya Bencana Gempa Bumi dan Tsunami yang direkam pada tanggal 23 Juni 2004, (b) Kawasan Meuraxa sebulan setelah terjadi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami yang direkam pada tanggal 28 Januari 2005, (c) Kawasan Meuraxa setelah terjadi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami yang direkam pada tanggal 25 Desember 2015 (dimodifikasi dari Google Earth).

Resistivitas

Resistivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghambat aliran arus yang masuk. Tiap lapisan batuan ataupun tanah penyusun bumi mempunyai nilai resistivitas yang berbeda, lihat Tabel 1. Nilai tersebut dapat diketahui dengan menghubungkan resistivimeter dan elektroda arus untuk mengukur sejumlah arus yang mengalir ke dalam tanah, kemudian elektroda potensial ditempatkan dengan jarak a untuk mengukur perbedaan potensial antara dua lokasi (Utama, 2005).

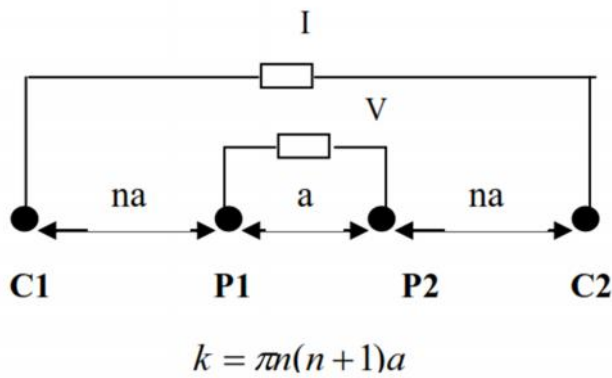
Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi Wenner-Schlumberger menggunakan sistem aturan satu spasi konstan berdasarkan faktor “ n ” yang merupakan perbandingan jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial dengan spasi antara dua elektroda potensial. Jika jarak antar elektroda potensial diasumsikan dengan a , maka jarak antar elektroda arus adalah $2na + a$ (Gambar 2). Akuisisi penentuan resistivitas menggunakan 4

buah elektroda yang diletakkan pada garis lurus (Sakka di dalam Kanata, 2008).

Table 1. nilai resistivitas material-material penyusun Bumi (Telford et al, 1990).

Material	Resistivity (Ohm-meter)
Air (Udara)	0
Pyrite (Pirit)	0.01-100
Kuarsa	500-800.000
Kalsit	1×10^{12} - 1×10^{13}
Rock Salt	30 - 1×10^{13}
Granit	200-100.000
Andesit	1.7×10^2 - 45×10^4
Basalt	200-100.000
Gamping	500-10.000
Batu pasir	200-8.000
Shale	20-2.000
Sand	1-1.0000
Lempung	1-100
Ground Water	0.5-300
Sea water	0.2
Magnetite	0.01-1.000
Dry Gravel	600-10.000
Aluvium	10-800
Gravel (kerikil)	100-600



Gambar 2. Skema elektroda metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger (Kanata, 2008)

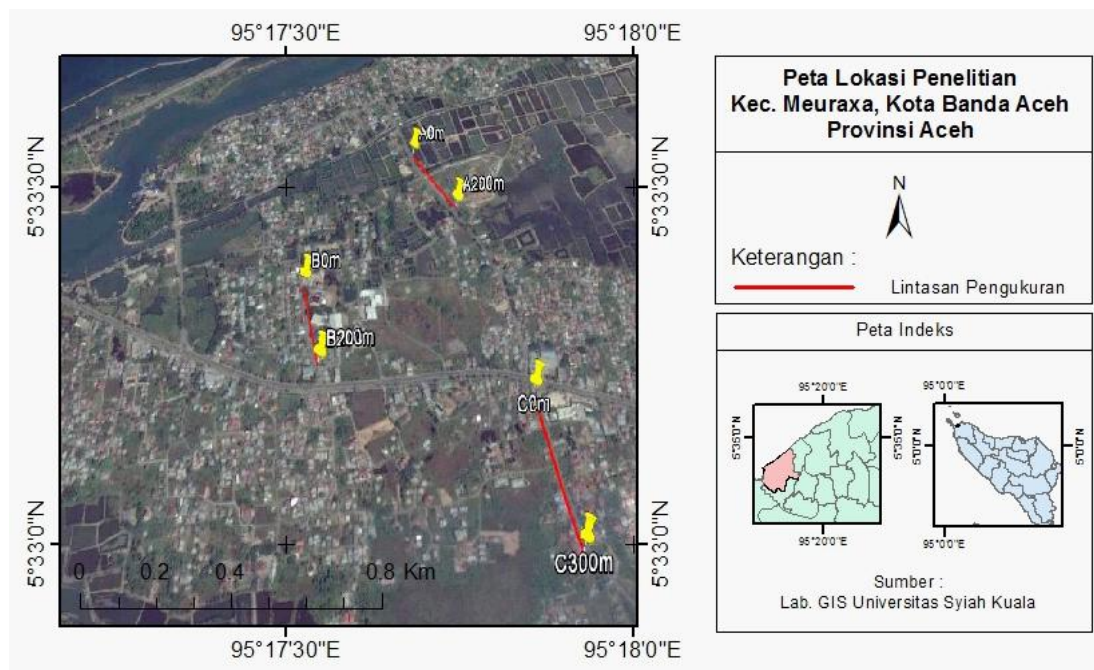
METODE PENELITIAN

Metode geolistrik adalah metode geofisika yang memanfaatkan arus listrik untuk mengetahui kondisi bawah permukaan bumi. Hasil pengukuran geolistrik belum dapat digunakan secara pasti mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi konduktivitas dan resistivitas. Walaupun begitu metode geolistrik dapat memberikan informasi tentang lapisan batuan yang mengandung air (akuifer). Nilai resistivitas lapisan batuan yang mengandung air akan semakin rendah.

Penerapan metode geolistrik resistivitas sangat baik untuk menyelidiki kualitas lapisan akuifer setelah 11 tahun bencana Gempa Bumi

dan Tsunami Aceh. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Meuraxa, Banda Aceh menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger. Alat yang digunakan adalah resistivimeter ARES, elektroda, kabel, penjepit buaya, baterai, dan GPS. Terdiri dari tiga bentangan yang panjangnya adalah 300 m dan 200 m (lintasan A, lintasan B dan lintasan C). Bentangan lintasan 200 m memiliki spasi antar elektroda 5 m dan lintasan 300 m memiliki spasi antar elektroda 10 m. lintasan A berada di posisi koordinat 05°33'32.23" N – 95°17'41.86" E sampai 05°33'26.68" N – 95°17'45.40" E. Lintasan B berada pada koordinat 05°33'19.81" N – 95°17'31.99" E sampai 05°33'13.47" N – 95°17'33.37" E. posisi lintasan C berada pada koordinat 05°33'10.88" N – 95°17'49.72" E sampai 05°33'1.23" N – 95°17'51.40" E.

Data hasil pengukuran berupa nilai arus, nilai potensial dan nilai resistivitas. Selanjutnya hasil data tersebut disimpan dalam format .DAT dan diolah menggunakan perangkat lunak Res2Dinv. Pengolahan ini bertujuan mengekstrak data agar menjadi model 2D resistivitas, sehingga dapat diinterpretasikan untuk mendapatkan informasi lapisan kedalaman dan ketebalan tiap lapisan bawah permukaan daerah penelitian. Penampang tersebut juga memberikan informasi terkait lapisan dan jenis batuan di lokasi pengukuran (Gambar 3).



Gambar 3. Lokasi lintasan pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

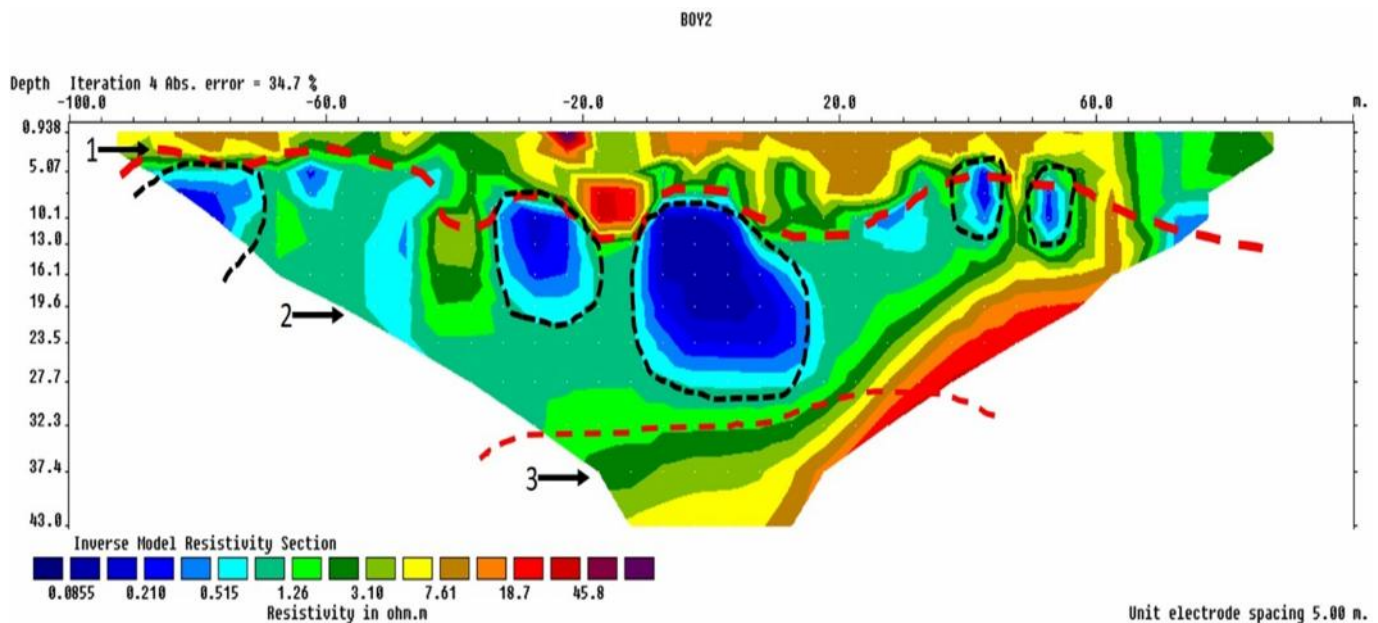
Hasil penelitian di kecamatan meuraxa, kota banda aceh menggunakan resistivimeter ARES metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner-schlumberger. Keadaan alam dan cuaca dapat mempengaruhi proses dan hasil pengukuran. Arah bentangan dapat dipengaruhi oleh keadaan alam. Sedangkan kondisi cuaca mempengaruhi tingkat kebasahan tanah yang berpotensi mengubah distribusi arus listrik saat pengukuran. Permukaan tanah yang basah menjadi penghantar listrik yang baik sehingga arus listrik akan banyak didistribusikan di permukaan dan kurang didistribusi pada kedalaman yang jauh. Hal tersebut juga akan memperbesar konduktivitas batuan penghantar di permukaan sehingga berdampak besarnya arus yang terukur hingga melampaui kemampuan maksimumnya.

Kondisi geologi kecamatan Meuraxa termasuk kedalam satuan batuan Aluvium Banda Aceh. Jenis tanahnya merupakan pasir, kerikil dan lumpur, ini merupakan ciri dari reservoir air yang

berupa batuan pasir. Berdasarkan hasil pengukuran resistivitas menggunakan metode geolistrik, lapisan bawah permukaan lokasi penelitian dapat dilihat sebagai berikut.

1. Lintasan A

Hasil analisis yang bersesuaian dengan hasil referensi resistivitas lapisan akuifer, resistivitas batuan, dan kondisi geologi, lapisan akuifer pada lintasan A berada pada kedalaman 5 samapai 30 meter (lapisan 2) di bawah permukaan dengan nilai resistivitas yaitu 0 sampai 2 Ωm . Berdasarkan Gambar 4, lapisan akuifernya telah terkontaminasi oleh air asin. Daerah dominan air asin memiliki nilai resistivitas berkisar 0.08 Ωm sampai 0.5 Ωm . Lapisan 1 berada pada kedalaman 0 sampai 5 meter tersusun oleh batu pasir, kerikil dan lempung karena bernilai resistivitas besar yaitu 3 Ωm sampai 50 Ωm . Lapisan 3 dimulai dari kedalaman 30 meter dengan nilai resistivitas diatas 3 Ωm yang menggambarkan lempung.

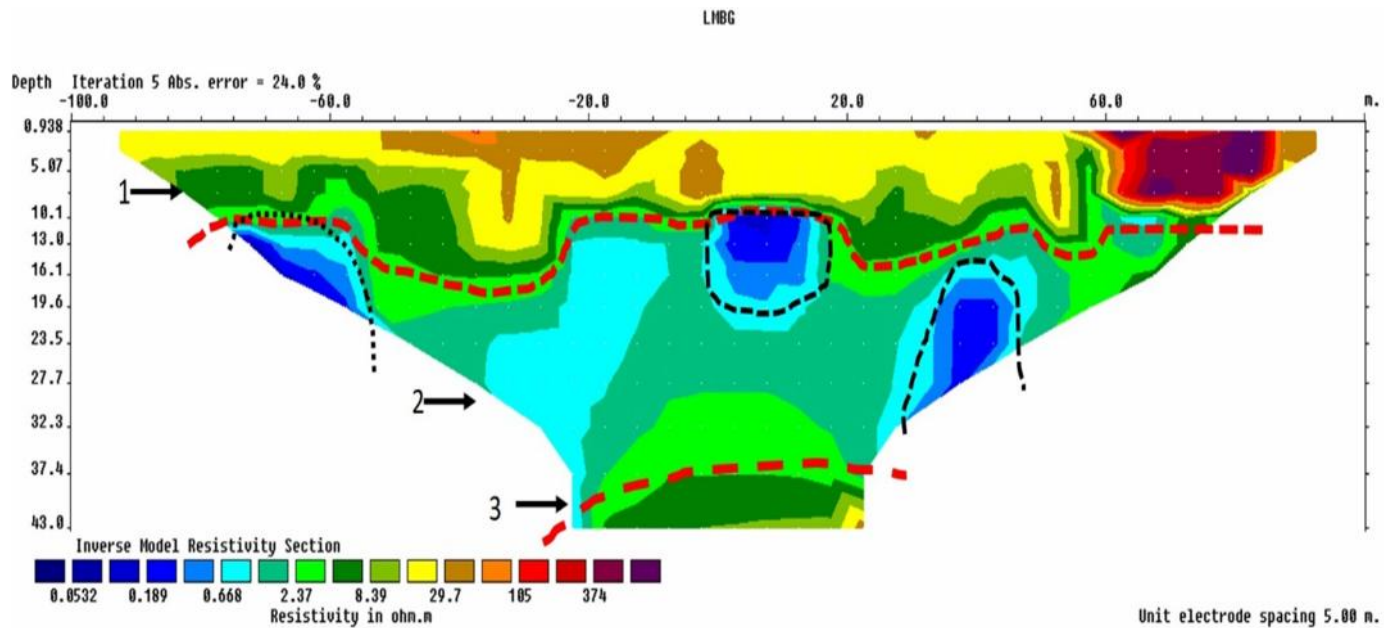


Gambar 4. Penampang 2D variasi nilai resistivitas batuan di lintasan A.

2. Lintasan B

Hasil analisis yang bersesuaian dengan hasil referensi resistivitas lapisan akuifer, resistivitas batuan, dan kondisi geologi, lapisan akuifer pada lintasan B dimulai pada kedalaman 13 meter (lapisan 2) di bawah permukaan dengan nilai resistivitas yaitu 0 sampai 5 Ωm . Berdasarkan Gambar 5, lapisan akuifernya

telah terkontaminasi oleh air asin. Daerah dominan air asin memiliki nilai resistivitas berkisar 0.05 Ωm sampai 0.6 Ωm yang telah dibatasi oleh garis hitam putus-putus. Lapisan 1 berada pada kedalaman 0 sampai 13 meter tersusun oleh batu pasir, kerikil dan lempung karena bernilai resistivitas besar yaitu 8 Ωm sampai 374 Ωm .

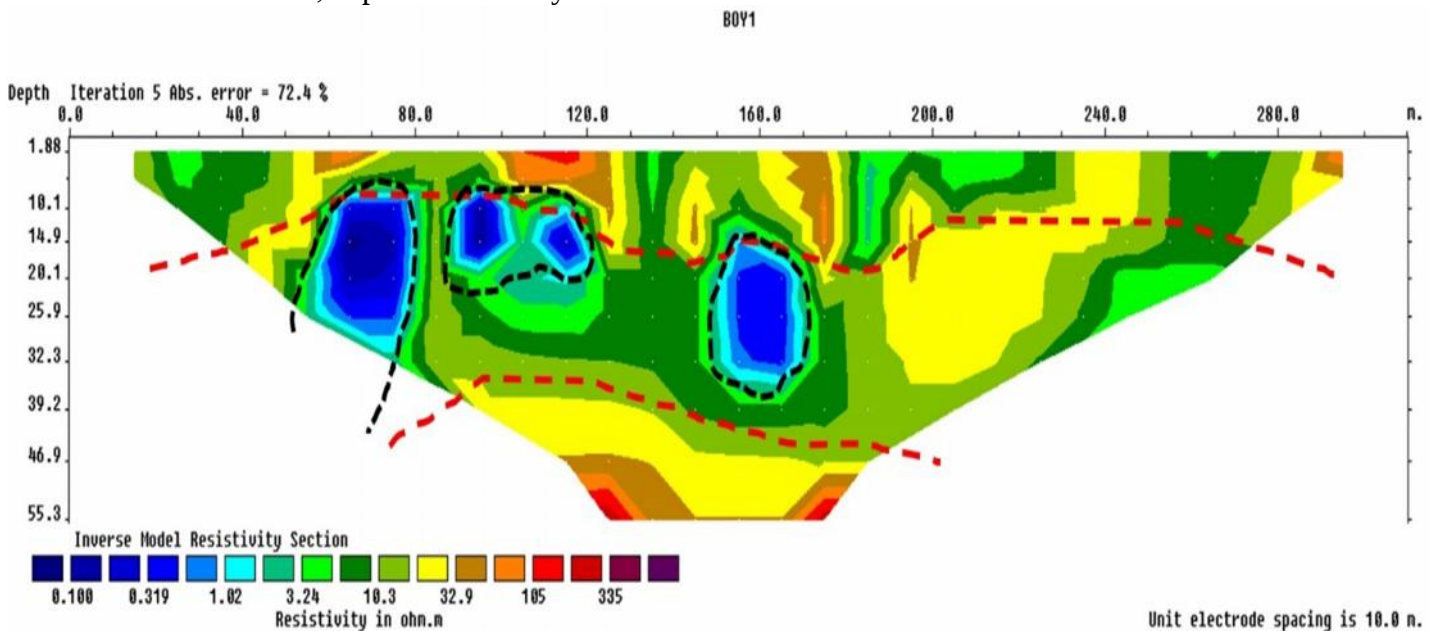


Gambar 5. Penampang 2D variasi nilai resistivitas batuan di lintasan B.

3. Lintasan C

Hasil analisis yang bersesuaian dengan hasil referensi resistivitas lapisan akuifer, resistivitas batuan, dan kondisi geologi, lapisan akuifer pada lintasan C dimulai pada kedalaman 14 meter (lapisan 2) di bawah permukaan dengan nilai resistivitas yaitu 0 sampai 2 Ω m. Berdasarkan Gambar 6, lapisan akuifernya telah

terkontaminasi oleh air asin. Daerah dominan air asin memiliki nilai resistivitas berkisar 0. sampai 1 Ω m yang ditunjukkan oleh garis hitam putus-putus. Lapisan 1 berada pada kedalaman 0 sampai 14 meter tersusun oleh batu pasir, kerikil dan lempung karena bernilai resistivitas besar yaitu 3 Ω m sampai 335 Ω m.



Gambar 6. Penampang 2D variasi nilai resistivitas batuan di lintasan C.

Ketiga penampang variasi nilai resistivitas batuan menunjukkan adanya indikasi lapisan akuifer yang telah terkontaminasi air laut yang bernilai resistivitas rendah yaitu diantara 0 sampai 5 Ωm . Nilai air asin (*sea water*) adalah 0.2 Ωm , namun di lapangan tidak akan ditemukan air asin murni pada lapisan akuifer. Hal ini dikarenakan air asin telah tercampur oleh mineral lain sehingga nilai resistivitas juga dipengaruhi oleh mineral lain. Hasil dari penampang 2D variasi nilai resistivitas juga bersesuaian dengan kondisi geologi Kecamatan Meuraxa yang tersusun atas satuan batuan alluvium Banda Aceh. Nilai resistivitas alluvium yaitu 10 – 800 Ωm , ketiga penampang menggambarkan struktur batuan yang tersusun oleh alluvium yang membawa air. Kondisi ini mempengaruhi nilai resistivitas alluvium menjadi rendah.

Dalam RTRW Kota Banda Aceh (2009), wilayah kota Banda Aceh memiliki air tanah yang bersifat asin pada bagian utara dan timur kota sampai ke tengah kota. Hal tersebut bersesuaian dengan hasil dari penelitian ini yaitu lapisan akuifer daerah Kecamatan Meuraxa telah terkontaminasi oleh air asin. Hingga sekarang kondisi lapisan akuifer masih bersifat asin untuk kawasan Kecamatan Meuraxa. Bencana gempa bumi dan tsunami Aceh tahun 2004 silam telah memporak-porandakan kawasan Meuraxa, Banda Aceh. Kawasan ini menjadi salah satu lokasi terparah yang terkena dampak tsunami baik dari korban jiwa maupun kerusakan lingkungan. Namun bencana tersebut tidak berdampak terhadap lapisan akuifer yang signifikan. Karena tidak ditemukan liquifaksi atau mineral lain yang masuk ke dalam lapisan akuifer setelah kejadian gempa bumi tersebut. Untuk pembuktian liquifaksi, harus dilakukan lebih lanjut agar interpretasi dapat lebih akurat.

KESIMPULAN

Penggunaan metode geolistrik resistivitas dapat memberikan informasi lapisan akuifer beserta kedalamnya. Penelitian ini memberikan pembuktian bahwa lapisan akuifer di Kecamatan Meuraxa telah terkontaminasi oleh air laut. Air laut masuk melalui celah-celah reservoir air yang berada di sekitar rumah penduduk. Hal ini juga dibuktikan dengan kondisi air sumur warga yang terasa payau, sehingga warga tidak dapat menggunakan air tersebut untuk diminum.

Berdasarkan interpretasi model 2D resistivitas menggunakan metode geolistrik, pengaruh bencana gempa bumi dan tsunami Aceh tahun 2004 silam tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap lapisan akuifer.

REFERENSI

- Ahyar, N. 2015. Analisa Perubahan Garis Pantai Pasca Tsunami di Wilayah Banda Aceh dan Aceh Besar. *Skripsi*. Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala.
- Bennet, J. D et al. 1981. *Peta Geologi Lembar Banda Aceh, Sumatera*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Davis, N. S., DeWiest, R. J. M. 1966. *Hydrogeologi*. John Wiley & Son, Inc.
- Fetter, C. W. 1994. *Applied Hidrogeology 3rd Edition*. Prentice Hal, Englewood Clifff, New Jersey.
- Kanata, B., dan Zubaidah, T. 2008. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wennergren untuk Survey Pipa Bawah Permukaan. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 7 No. 2.
- Kodoatie, J. R. 2010. *Tata Ruang Air Tanah*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Pemerintahan Kota Banda Aceh. 2009. Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Banda Aceh 2009-2029. <http://www.penataanruang.com/nad1.html>, tanggal akses 14 Juni 2017.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2008. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 2008 tentang Air Tanah. *Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 4859*. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Sehah., dan Aziz, A. N. 2016. Pendugaan Kedalaman Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Desa Bojongsari Kecamatan Alian Kabupaten Kebumen. *Jurnal Neutrino*, Vol 8, No. 2.
- Telford, M. W, et al. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- Utama, W. 2005. *Experimental Module Mataram Geophysical Workshop*. Laboratorium Geofisika FMIPA, Institut Teknologi Surabaya.