

## Aplikasi Metode Resistivitas 2D untuk Menentukan Intrusi Air Laut di Lambada Lhok Aceh Besar Aceh

### *Application of 2D Resistivity Method to Determine Sea Water Intrusions in Lambada Lhok Aceh Besar Aceh*

Submitted: 28-03-2018; Revised: 15-12-2018; Accepted: 15-12-2018

*\*Gartika Setiya Nugraha*

Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, 23111 Banda Aceh

*Marwan*

Teknik Geofisika, Fakultas Teknik dan Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala, 23111 Banda Aceh

Email: marwan.geo@unsyiah.ac.id

*Akmal Muhni*

Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, 23111 Banda Aceh

Email: akmalmuhni93@gmail.com

### ABSTRACT

*Lambada Lhok is one of the coastal areas with the most severe water crisis in Aceh Besar, Aceh. Clean water crisis happening in the area because of their breach of saltwater into freshwater aquifers and also due to the large decrease in ground water level that resulted in seawater intrusion. This research was conducted on four lines at two locations, namely: 3 (three) lines in the village of Lambada Lhok and 1 (one) line in the village of Kajhu. Kajhu village was used as comparative data for areas that are free from the intrusion of sea water. The research method using 2D resistivity Wenner-Schlumberger configuration, while the data acquisition using the ARES equipment. Data analysis using Res2Dinv software to make 2-dimension (2-D) cross section model. Lambada Lhok village is an alluvial deposition with an average height of 0-5 meters above sea level (dpl). The subsurface lithology of the village lambada lhok consists of clay sand, sandy clay and clay. Based on the results of the analysis of resistivity values indicate that the suspected sea water intrusion in the village of Lambada Lhok reaches a depth of 29 meters. It can be concluded that the spread of sea water intrusion in Lambada Lhok beginning of the line LL 1, LL 2 to LL 3. Distribution of seawater intrusion are most severe in the trajectory LL 2 and began to decrease at LL 3 trajectory.*

**Keywords:** *Resistivity methods; Res2Dinv; Seawater intrusion; Wenner-Schlumberger.*

\*Corresponding author: [setiya@unsyiah.ac.id](mailto:setiya@unsyiah.ac.id)

Copyright © 2019 THE AUTHOR(S). This article is distributed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license. Jurnal Teknosains is published by the Graduate School of Universitas Gadjah Mada.

## ABSTRAK

Lambada Lhok adalah salah satu daerah pesisir yang mengalami krisis air bersih paling parah di Aceh Besar, Provinsi Aceh. Krisis air bersih di daerah tersebut terjadi karena adanya penerobosan air asin ke akuifer air tawar dan juga disebabkan oleh besarnya penurunan permukaan air tanah yang mengakibatkan intrusi air laut. Penelitian ini dilakukan pada empat lintasan di dua lokasi, yaitu: 3 (tiga) lintasan di Desa Lambada Lhok dan 1 (satu) lintasan di Desa Kajhu. Desa Kajhu digunakan sebagai data pembandingan untuk daerah yang bebas dari intrusi air laut. Metode penelitian menggunakan metode resistivitas 2D konfigurasi Wenner-Schlumberger, sedangkan akuisisi data menggunakan instrumen ARES. Analisis data menggunakan *software Res2Dinv* untuk membuat pemodelan penampang 2 dimensi (2-D). Desa Lambada Lhok merupakan endapan Aluvium dengan ketinggian rata-rata 0-5 meter di atas permukaan laut (dpl). Litologi bawah permukaan dari desa lambada lhok terdiri dari lempung pasir, pasir lempungan, dan lempung. Berdasarkan hasil analisis nilai resistivitas menunjukkan bahwa dugaan intrusi air laut di Desa Lambada Lhok mencapai kedalaman 29 meter. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penyebaran intrusi air laut di Lambada Lhok dimulai dari lintasan LL 1, LL 2 sampai dengan LL 3. Penyebaran intrusi air laut paling parah terjadi pada lintasan LL 2 dan mulai berkurang pada lintasan LL 3.

**Kata Kunci:** *Intrusi air laut; Metode resistivitas; Res2Dinv; Wenner-Schlumberger.*

## PENGANTAR

Umumnya intrusi air asin yang terjadi di beberapa wilayah Indonesia disebabkan oleh pengambilan atau penggunaan air tawar yang berlebihan, sehingga terjadi ketidakseimbangan antara jumlah air yang dieksplorasi dengan jumlah air yang masuk ke dalam tanah untuk mengisi kembali akuifer dangkal yang telah kosong atau berkurang volume airnya (Siemon, 2014; Supriyadi, 2017). Intrusi dapat juga diartikan sebagai proses penyusupan air laut ke daratan dan intrusi dapat terjadi di sungai (Gurunadha Rao, 2011). Intrusi air laut ke daratan dapat berakibat kepada berubahnya kualitas air tanah yang tawar menjadi payau (Johnson, 2007).

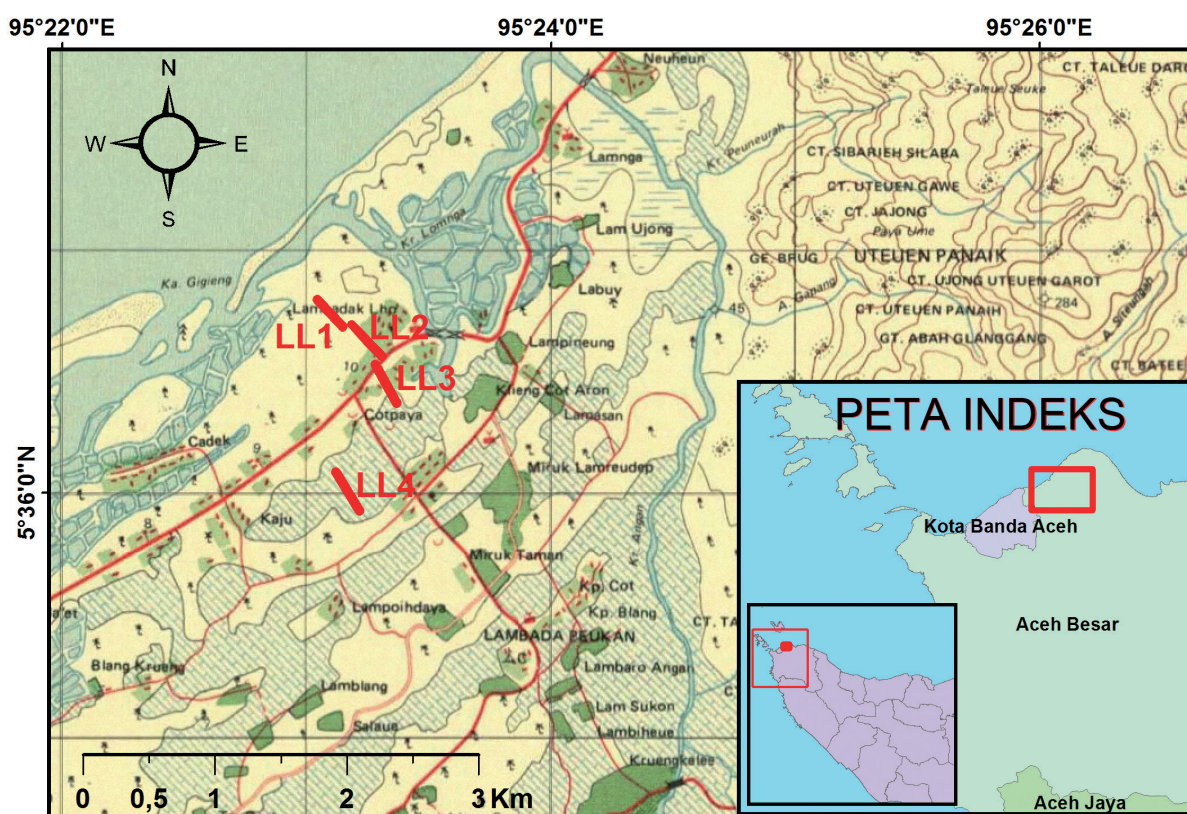
Desa lambada Lhok merupakan salah satu dari daerah pesisir di Aceh Besar, Provinsi Aceh yang paling parah mengalami permasalahan krisis air bersih (Setyadi, 2014). Secara geomorfologi, Desa Lambada Lhok merupakan endapan Aluvium dengan ketinggian rata-rata 0-5 meter di atas permukaan laut (dpl) dan merupakan pusat permukiman masyarakat di daerah pesisir yang sejajar dengan arah pantai, diduga air tanah daerah Lambada Lhok ini terpengaruh oleh aktivitas laut, bahkan dijumpai air tanah payau diduga akibat adanya intrusi air laut. Intrusi air laut adalah perpindahan air asin ke dalam akuifer air tawar yang dapat menyebabkan kontaminasi sumber air minum (air tawar) dan konsekuensi lainnya (Oyedele, 2008; Oyeyemi, 2011).

Intrusi air laut merupakan proses alami yang terjadi sampai tingkat tertentu di sebagian besar akuifer pantai akibat dari sambungan hidrolik antara air tanah dan air laut (Adeyemo, 2017; Johnson, 2007). Hal ini disebabkan karena air asin memiliki kandungan mineral yang lebih tinggi, bersifat lebih padat dan memiliki tekanan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan air tawar, sehingga air asin dapat menerobos ke bagian bawah air tawar (Adeyemo, 2017; Johnson, 2007). Beberapa hal yang dapat mengakibatkan intrusi air asin di banyak wilayah pesisir di antaranya aktivitas manusia seperti pemompaan air tanah dari sumur air tawar pesisir (Barlow, 2003). Ekstraksi air dapat menurunkan tingkat air tanah yang tawar, menurunkan tekanan air, dan mengakibatkan air asin menerobos masuk lebih jauh ke daratan. Faktor lainnya adanya saluran navigasi atau saluran pertanian dan saluran drainase yang menyediakan saluran air asin untuk bergerak ke daratan sehingga dapat menyebabkan kenaikan permukaan air laut. Intrusi air asin juga diperburuk oleh adanya kejadian ekstrem seperti badai (Barlow, 2003).

Artikel ini merupakan hasil dari penelitian dengan tujuan untuk mengetahui nilai resistivitas bawah permukaan serta melakukan interpretasi data pola struktur perlapisan bawah permukaan daerah pendugaan intrusi air laut di Desa Lambada Lhok. Metode penelitian yang digunakan adalah metode

resistivitas 2D konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Loke, 2000; Geotomo Software, 2004). Akuisisi data penelitian dilakukan pada empat lintasan dengan panjang setiap lintasannya 200 meter dengan spasi lima meter menggunakan alat ARES. Analisis data menggunakan *software Res2Dinv* (Loke, 2000) dan hasilnya didapatkan model 2D resistivitas bawah permukaan daerah penelitian.

Lokasi penelitian terletak di sekitar Desa Lambada Lhok. Secara administratif, daerah ini termasuk ke dalam Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh (Gambar 1). Secara geografis Desa Lambada Lhok terletak di bagian utara Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh yaitu berada pada  $05^{\circ}36'52''\text{LU}$  s.d  $95^{\circ}22'44''\text{BT}$  dan  $05^{\circ}35'40''\text{LU}$  s.d  $95^{\circ}23'50''\text{BT}$ .



Gambar 1  
Peta Lokasi Penelitian  
(Sumber: Indonesia, Badan Kordinasi Survey dan Pemetaan Nasional 1982)

Morfologi daerah penelitian desa Lambada Lhok berupa daerah pesisir pantai dengan kenampakan yang ada di daerah pantai struktur tanahnya berupa pasir, kerikil, lumpur, banyak di tumbuh pohon kelapa, tambak-tambak rakyat, pemukiman penduduk desa. Secara umum daerah ini terletak pada ketinggian antara nol sampai lima meter dari atas permukaan air laut. Daerah pedataran kawasan desa Lambada Lhok secara umum terbentuk dari endapan sistem marin merupakan satuan unit yang berasal dari bahan

endapan (aluvial) marin yang terdiri dari pasir, lumpur, dan kerikil. Kelompok ini dijumpai di dataran pantai yang memanjang sejajar dengan garis pantai dan berupa jalur-jalur beting pasir resen dan subresen. Beting pasir resen berada paling dekat dengan laut dan selalu mendapat tambahan baru yang berupa endapan pasir, sedangkan beting pasir subresen dibentuk oleh bahan-bahan yang berupa endapan pasir tua, endapan sungai, dan bahan-bahan aluvial dari daerah sekitarnya.

## Kondisi Geologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Banda Aceh, Sumatera (Bennett *dkk.*, 1981) untuk daerah penelitian yang terletak di Desa Lambada Lhok, Kecamatan Baitussalam, Kabupaten Aceh Besar mengandung Aluvium dengan endapan sedimen yang terdiri dari Lumpur, pasir dan kerikil. Di sekitar daerah penelitian juga terdapat Batuan Vulkanik Lam Teuba yang terdiri dari Andesit, dasit, breksi berbatu apung, tufa, aglomerat, dan aliran abu. Umur batuan pada Desa Lambada Lhok terbentuk pada masa Holosen, sekitar 11 ribu hingga 2,5 juta tahun yang lalu.

## Metode

Akuisisi data pada penelitian ini menggunakan metode 2-D resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Kura, 2014; Loke, 2000; Geotomo Software, 2004; Satriani, 2011). Pengambilan data dilakukan di Desa Lambada Lhok pada tanggal 04 Maret 2015 dan Desa Kajhu pada tanggal 17 Mei 2015. Survei resistivitas dilakukan untuk menentukan distribusi resistivitas bawah permukaan tanah. Survei resistivitas dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada permukaan tanah. Hasil pengukuran ini memberikan prediksi resistivitas bawah permukaan tanah dan juga resistivitas batuan. Resistivitas batuan berhubungan dengan berbagai macam parameter geologi seperti kandungan mineral dan cairan, porositas, dan derajat air kejenuhan di batuan. Survei resistivitas ini telah digunakan selama beberapa dekade di bidang hidrogeologi, pertambangan, dan geoteknik. Baru-baru ini, teknik ini juga telah digunakan untuk survei lingkungan (Loke, 2000).

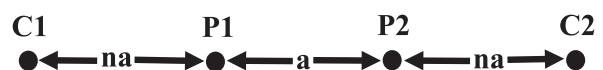
Korelasi antara resistivitas dan litologi untuk lembah Krueng Aceh dan sekitarnya dengan ambang batas resistivitasnya adalah di bawah 18 Ohm.m (Culshaw *dkk.*, 1979). Hasil temuan Culshaw memungkinkan untuk membedakan antara komposisi tanah liat (clayey) atau sedimen berpasir (*sandy sediment*) dengan nilai resistivitas di bawah 3 Ohm.m. Temuan ini juga berkorelasi dengan hasil pengukuran elektromagnetik yang menggunakan helikopter oleh Siemon bahwa nilai ambang batas resistivitas di sepanjang pantai

Aceh adalah 20 Ohm.m. Siemon merekomendasikan bahwa penentuan sumur galian atau air tawar adalah pada zona dengan resistivitas diatas 20 Ohm.m pada kedalaman dangkal (Siemon *dkk.*,2007). Secara keseluruhan kegiatan penelitian ini sebagai berikut:

## Pengambilan Data

Sebelum pengambilan data lapangan terlebih dahulu dilakukan orientasi daerah penelitian menggunakan peta lokasi yang bertujuan untuk perencanaan lintasan-lintasan pengambilan data. Tahapan awal dari pengambilan data adalah pembuatan empat lintasan ukur dan setiap lintasan yang di ukur harus lurus dengan panjang lintasan 200 meter dan spasi antar elektroda lima meter. Pengukuran resistivitas dilakukan menggunakan Resistivimeter *ARES* dengan konfigurasi yang dipakai adalah *Wenner-Schlumberger*.

Aturan penempatan elektroda dalam metode resistivitas disebut konfigurasi elektroda. Konfigurasi elektroda yang digunakan mengakibatkan faktor geometri tiap-tiap konfigurasi berbeda-beda. Faktor geometri adalah besaran koreksi konfigurasi kedua elektroda potensial dan kedua elektroda arus.



Gambar 2

Skema Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*  
(Sumber: Loke, 2000)

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan suatu teknik gabungan antara *mapping* dan *sounding*. Hasil dari gabungan antara *Wenner* dan *Schlumberger* menyebabkan nilai  $K$  faktor geometri  $K = \pi.n(n+1)a$ . Dimana faktor spasi adalah  $n$  dan jarak antar elektroda adalah  $a$ . Resistivimeter *ARES* merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur resistivitas dan pencitraan IP secara 1-D atau 2-D yang lengkap (Batayneh, 2006; Griffiths, 1993). Variabilitasnya dalam pengoperasian lapangan yang mudah (tanpa PC), pengisian dari baterai 12 V standar atau dari generator, dan didukung dengan susunan elektroda khusus. Kompatibilitas dengan perangkat lunak untuk interpretasi data

yang sangat luas membuat *ARES* menjadi alat yang efektif dan menghemat biaya (efisien) untuk kelompok kerja atau tim penelitian. Aplikasi Resistivimeter *ARES* dapat digunakan untuk eksplorasi air tanah, penyelidikan geoteknik, pemantauan bendungan dan tanggul, studi lingkungan, pemetaan gumpalan polusi, survei geologi, pencarian mineral, arkeologi, pendeteksian rongga/lubang bor dan sebagainya (Adeoti, 2010; Rahman, 2014).

### Teknik Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan dengan menganalisis data beda potensial ( $\Delta V$ ) dan arus ( $I$ ) yang diperoleh berdasarkan pengukuran akan dihitung sehingga diperoleh nilai resistivitas semu ( $\rho_a$ ), Menurut Telford (1990) dan Reynolds (1997) resistivitas semu dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana  $K$  merupakan faktor geometri,  $\Delta V$  merupakan beda potensial dan  $I$  merupakan kuat arus.

Gabungan *Sounding* dan *Profiling* (2-D Resistivity) dapat dikombinasikan dalam suatu proses tunggal (2-D resistivity imaging) sehingga dapat menyelidiki struktur geologi yang rumit dengan kontras resistivitas lateral yang tinggi (Griffiths, 1993). Kombinasi ini memberikan informasi rinci baik lateral maupun vertikal di sepanjang profil. Teknik ini merupakan teknik yang paling sering digunakan untuk studi lingkungan. Inversi 2-D menghasilkan distribusi resistivitas dua dimensi didalam tanah. Survei resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dapat memproses hingga 650 elektroda dan 6500 *point* dalam satu waktu (Loke, 2000). Nilai resistivitas yang dihitung bukanlah resistivitas sebenarnya dari bawah permukaan tanah, namun nilai "apparent" yang merupakan resistivitas tanah homogen yang memberikan nilai resistansi yang sama untuk pengaturan elektroda yang sama. Hubungan antara resistivitas "jelas/true" dan resistivitas "sebenarnya/apparent" adalah hubungan yang kompleks. Penentuan resistivitas permukaan bawah yang sesungguhnya, inversi

nilai resistivitas tampak yang diukur harus dilakukan dengan menggunakan program computer (Loke, 2000).

*Software RES2DINV* adalah program komputer yang secara otomatis akan menentukan dua dimensi (2-D) model resistivitas untuk bawah permukaan atas data yang diperoleh dari survei geolistrik (Griffiths, 1993). Data resistivitas hasil pengolahan inversi memiliki nilai error yang disebut RMS (*Root Mean Square error*). Nilai RMS error merupakan nilai *error* yang menunjukkan perbedaan antara nilai resistivitas semu hasil pengukuran (*measured apparent resistivity*) dan nilai resistivitas semu hasil perhitungan (*calculated apparent resistivity*). Nilai RMS error dinyatakan dalam bentuk persen. Resistivitas model diperoleh pada iterasi terakhir dari inversi set data resistivitas (yang biasanya memiliki kesalahan RMS error terendah). Ini mungkin metode yang paling efisien jika model resistivitas baik representasi dari resistivitas bawah permukaan yang benar atau sesuai.

Tabel di bawah ini menunjukkan distribusi rentang nilai resistivitas yang telah ditentukan pada setiap material penyusun batuan sebagai berikut:

Tabel 1  
Resistivitas Batuan

Material	Resistivitas (ohm meter)
Pasir (Sand)	1 - 1.000
Lempung (Clay)	1 - 100
Aluvium	10 - 800
Pasir dan kerikil terendam dalam air tawar	10 - 100
Pasir dan kerikil terendam dalam air laut	0,5 - 5
Air meteoric	30 - 1000
Air permukaan (dalam batuan)	0,1 - 3 x 10 <sup>3</sup>
Air permukaan (dalam sediman)	10 - 100
Air tanah (dalam batuan)	0,5 - 150
Air tanah (dalam sedimen)	1 - 100
Air laut	0,2
Salinitas (3%)	0,15
Salinitas (20%)	0,05

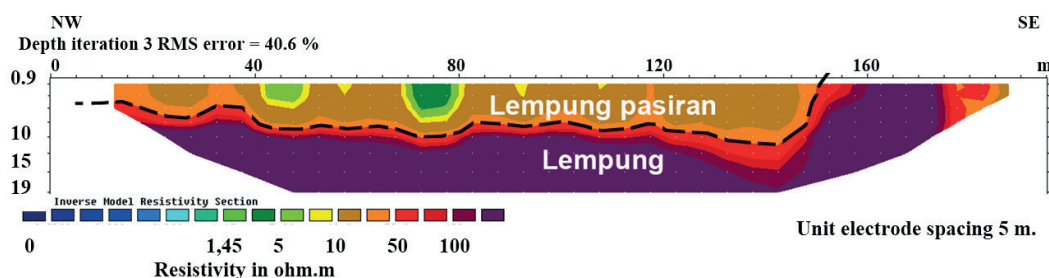
Sumber: Telford *et al* (1990) dan Loke (2000).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Akuisisi data menggunakan metode resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger*, dilakukan sebanyak empat lintasan dengan panjang setiap lintasan 200 meter dengan spasi antar elektroda lima meter. Daerah penelitian analisis intrusi air laut di Desa Lambada Lhok difokuskan pada tiga lintasan pengukuran dan di Desa Kajhu 1 (satu) lintasan. Pengukuran di desa Kajhu dilakukan sebagai data pembanding karena daerah ini merupakan daerah dengan kondisi air tanah yang tidak terintrusi air laut. Adapun informasi untuk tiap-tiap lintasan model resistivitas bawah permukaan daerah penelitian Desa Kajhu dan desa Lambada Lhok dapat dilihat sebagai berikut.

## Model Resistivitas Desa Kajhu

Desa Kajhu terletak di Kecamatan Baitussalam dan masih dalam satu kawasan serta berdekatan dengan Desa Lambada Lhok. Pengambilan lintasan di Desa Kajhu bertujuan untuk melihat nilai resistivitas batuan daerah tersebut sebagai daerah yang bebas dari intrusi air laut. Pengambilan data di daerah ini juga sebagai data pembanding bagi lintasan LL 1, LL 2, dan LL 3 yang berada pada zona intrusi air laut di daerah penelitian Desa Lambada Lhok. Hasil pengukuran di lapangan, lintasan LL 4 mempunyai panjang 200 meter dengan posisi koordinat titik awal pada 5°35'52.96" LU - 95°23'10.51" BT dan titik akhir pengukuran pada 5°35'45.07" LU - 95°23'13.31" BT.



Gambar 3  
Penampang Resistivitas 2D Bawah Permukaan Lintasan LL 4  
(Sumber: Analisis Data Primer, 2015)

Berdasarkan pemodelan menggunakan *software Res2Div*, lintasan LL 4 memiliki RMS (*Root Mean Square*) *error* yang tinggi yaitu 40,6% dengan tiga kali iterasi. Ada beberapa faktor yang memungkinkan penyebab tingginya RMS *error* ini yaitu pengaruh panasnya cuaca pada siang hari, keringnya daerah pengukuran akibat musim kemarau sehingga konduktivitas tanah berkurang, dan kesalahan pada penempatan elektroda pada permukaan tanah serta *multicable error*. Pada lintasan LL 4 secara umum didapatkan lapisan tanah bawah permukaannya menjadi 2 (dua) lapisan utama, lapisan pertama yaitu lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang berkisar 1,45-30  $\Omega$ m (dicitrakan oleh warna hijau-kuning-coklat-orang) dengan ketebalan rata-rata sampai 10 meter merupakan tanah teratas (*top soil*) yang didominasi lempung pasir.

Pada lapisan kedua memiliki nilai resistivitas yang berkisar 30-140  $\Omega$ m (dicitrakan oleh warna merah-ungu) pada kedalaman 5 sampai 19 meter diduga merupakan lempung. Pada lintasan ini juga tidak ditemukan air yang payau, sehingga ditentukan bahwa daerah pada kawasan tersebut mempunyai nilai resistivitas di atas rata-rata 1,45  $\Omega$ m yang bebas kontaminasi air laut atau bebas dari intrusi air laut. Model litologi pada lintasan pengukuran LL 4 ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2  
Model Litologi Lintasan Pengukuran LL 4

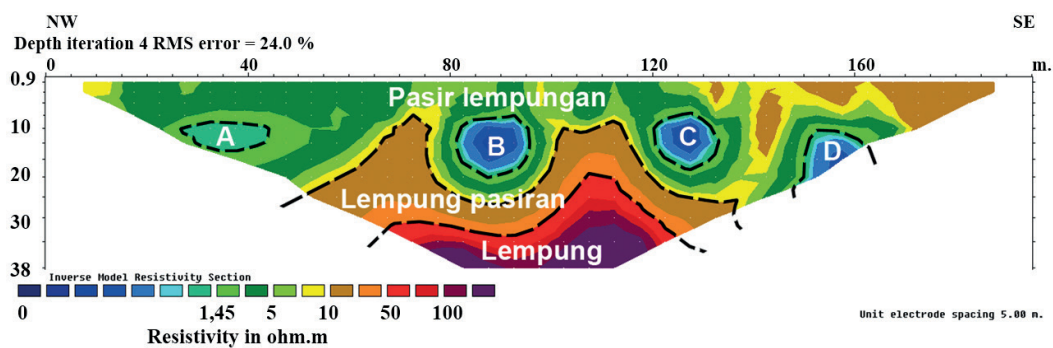
No.	Kedalaman (meter)	$\rho$ ( $\Omega$ m)	Litologi
1.	0,938 - 10	1,45 - 30	Lempung pasir
2.	5 - 19	83 - 97	Lempung

Sumber: Analisis Data Primer, 2015

### Model Resistivitas Desa Lambada Lhok Lintasan LL 1

Lintasan LL 1 mempunyai panjang 200 meter dengan posisi koordinat titik awal pada 5°36'42.54" LU - 95°23'9.60" BT dan titik akhir pengukuran pada 5°36'36.90" LU - 95°23'12.99" BT. Berdasarkan pemodelan menggunakan software *Res2Div* pada gambar 4, lintasan LL 1 memiliki RMS (*Root Mean Square error*) yaitu 24,0 % dengan empat kali iterasi. Pada lintasan LL 1 secara umum didapatkan lapisan

tanah bawah permukaannya menjadi 3 (tiga) lapisan utama. Lapisan pertama yaitu lapisan tanah teratas (*top soil*) yang memiliki nilai resistivitas yang berkisar antara 0,04-10 Ωm (dicitrakan oleh warna kuning-biru-hijau) pada kedalaman sampai dengan 24,5 meter dan ketebalan bervariasi rata-rata sampai 24,5 meter merupakan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) yang didominasi oleh pasir lempungan. Model litologi pada lintasan pengukuran LL 1 ini dapat dilihat pada tabel berikut.



Gambar 4  
Penampang Resistivitas 2D Bawah Permukaan Lintasan LL 1  
(Sumber: Analisis Data Primer, 2015)

Lapisan kedua memiliki nilai resistivitas yang berkisar antara 10 sampai dengan 50 Ωm (dicitrakan oleh warna coklat muda-orange) pada kedalaman rata-rata tujuh sampai dengan 30 meter dan ketebalan bervariasi rata-rata sampai 23 meter yang didominasi oleh lempung pasir. Lapisan ketiga memiliki nilai resistivitas yang berkisar antara 50-140 Ωm (dicitrakan oleh warna merah-ungu) pada kedalaman bervariasi rata-rata 17,5 sampai dengan 37,4 meter diduga merupakan lapisan lempung.

Hasil survei secara langsung pada lintasan LL 1 didapatkan hasil bahwa nilai resistivitas terendah (konduktif) yaitu di bawah 1,45 Ωm (dicitrakan warna hijau kebiruan-biru muda-biru tua) merupakan daerah yang terkena intrusi air laut. Model yang diperoleh pada lokasi intrusi air laut lintasan LL 1 dapat ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3

Model Litologi Lintasan Pengukuran LL 1

No.	Kedalaman (meter)	$\rho$ (Ωm)	Litologi
1.	0,938 - 24,5	0,04 - 10	Pasir lempungan
2.	7 - 30	10 - 50	Lempung pasir
3.	17,5 - 37,4	50 - 140	Lempung

Sumber: Analisis Data Primer, 2015

Tabel 4  
Lokasi Intrusi Air Laut pada Lintasan LL 1

No.	Lokasi intrusi air laut	Jarak (m)	Kedalaman (m)
1.	A	27 - 43	8,5 - 14
2.	B	83 - 97	7,5 - 17,5
3.	C	121 - 133	6 - 15,5
4.	D	148 - 163	10,1 - 20

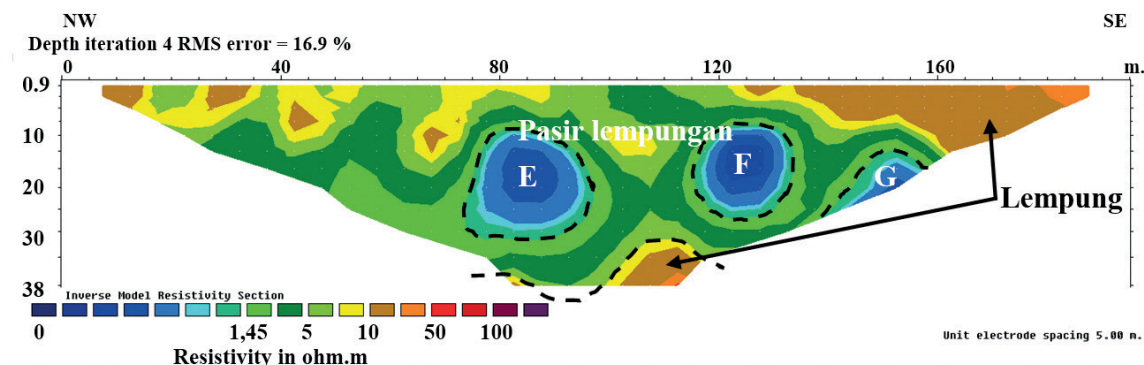
Sumber: Analisis Data Primer, 2015

### Lintasan LL 2

Lintasan LL 2 mempunyai panjang 200 meter dengan posisi koordinat titik awal pada

5°36'37.39" LU - 95°23'14.23" BT dan titik akhir pengukuran pada 5°36'31.03" LU - 95°23'19.39" BT. Berdasarkan pemodelan menggunakan

software *Res2Div* pada gambar 5, lintasan LL 2 memiliki RMS (*Root Mean Square*) error yaitu 16,9 % dengan 4 kali iterasi.



Gambar 5  
Penampang Resistivitas 2D Bawah Permukaan Lintasan LL2  
(Sumber: Analisis Data Primer, 2015)

Pada lintasan LL 2 secara umum didapatkan lapisan tanah bawah permukaannya hanya dua lapisan utama. Lapisan pertama yaitu lapisan tanah teratas (*top soil*) yang memiliki nilai resistivitas yang berkisar dari 0,04-10  $\Omega\text{m}$  (dicitrakan oleh warna kuning-biru-hijau) pada kedalaman 0 sampai dengan 36 meter dan ketebalan bervariasi rata-rata sampai 36 meter merupakan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) yang didominasi oleh pasir lempungan. Lapisan kedua memiliki nilai resistivitas yang berkisar antara 10-50  $\Omega\text{m}$  (dicitrakan oleh warna coklat muda-orange) pada kedalaman 29 sampai dengan 37,4 meter yang didominasi oleh lempung pasir. Tidak dijumpai lapisan tanah keras pada lintasan LL 2 ini. Untuk model litologi pada lintasan pengukuran LL 2 ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5  
Model Litologi Lintasan Pengukuran LL 2

No.	Kedalaman (m)	$\rho$ ( $\Omega\text{m}$ )	Litologi
1.	0,938 - 24,5	0,04 - 10	Pasir lempungan
2.	7 - 30	10 - 50	Lempung pasir

Sumber: Analisis Data Primer, 2015

Hasil survei langsung pada lintasan LL 2 didapatkan nilai resistivitas terendah (konduktif) yaitu di bawah 1,45  $\Omega\text{m}$  (dicitrakan warna hijau kebiruan-biru muda-biru tua) merupakan daerah yang terkena intrusi air laut. Model yang diperoleh pada lokasi intrusi air laut lintasan LL 2 dapat ditunjukkan pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6  
Lokasi Intrusi Air Laut pada Lintasan LL 2

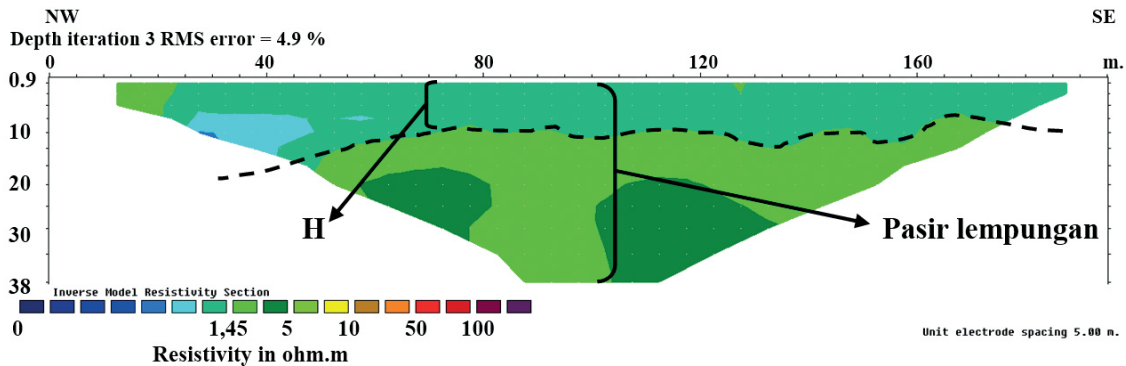
No.	Lokasi intrusi air laut	Jarak (m)	Kedalaman (m)
1.	E	74 - 97	8,5 - 29
2.	F	116 - 134	7,5 - 25
3.	G	138 - 158	14,5 - 27,7

Sumber: Analisis data primer, 2015

### Lintasan LL 3

Lintasan LL 3 mempunyai panjang 200 meter dengan posisi koordinat titik awal pada 5°36'25.68" LU - 95°23'21.35" BT dan titik akhir pengukuran pada 5°36'19.43" LU - 95°23'23.92" BT. Berdasarkan pemodelan menggunakan software *Res2Div* pada gambar 6, lintasan LL 3 memiliki RMS (*Root Mean Square*) error yaitu 4,9 % dengan 3 kali iterasi.





Gambar 6  
Penampang Resistivitas 2D Bawah Permukaan Lintasan LL3  
(Sumber: Analisis Data Primer, 2015)

Pada lintasan LL 3 hanya diperoleh 1 (satu) lapisan secara umum. Lapisan tersebut yaitu lapisan tanah teratas (*top soil*) yang memiliki nilai resistivitas yang berkisar dari 0,04 - 5  $\Omega\text{m}$  (dicitrakan oleh warna biru-hijau kebiruan-hijau muda-hijau tua) dengan ketebalan sampai dengan 37,4 meter merupakan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) yang didominasi oleh pasir lempungan. Lapisan ini juga merupakan lapisan yang sangat konduktif dibandingkan dengan lintasan-lintasan lainnya dan tidak dijumpai lapisan tanah keras pada lintasan LL 3 ini. Untuk model litologi pada lintasan pengukuran LL 3 ini dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7  
Model Litologi Lintasan Pengukuran LL 3

Kedalaman (meter)	$\rho$ ( $\Omega\text{m}$ )	Litologi
0,938 - 37,4	0,04 - 5	Pasir lempungan

Sumber: Analisis Data Primer, 2015

Hasil survei langsung pada lintasan LL 3 didapatkan bahwa nilai resistivitas terendah (konduktif) yaitu di bawah rata-rata 1,15  $\Omega\text{m}$  (dicitrakan warna biru-hijau kebiruan) merupakan daerah yang terkena intrusi air laut. Model yang diperoleh pada lokasi intrusi air laut lintasan LL 3 dapat ditunjukkan pada tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8  
Lokasi Intrusi Air Laut pada Lintasan LL 3

Lokasi intrusi air laut	Jarak (m)	Kedalaman (m)
H	20 - 190	0 - 14

Sumber: Analisis Data Primer, 2015

Hasil yang didapatkan di Lambada Lhok dibandingkan dengan hasil di desa Kajhu. Nilai resistivitas terendah yang didapat di desa Kajhu yaitu 1,45  $\Omega\text{m}$  menjadi dasar penentuan daerah yang terintrusi air laut pada lintasan LL 1, LL 2, LL 3 di daerah penelitian desa Lambada Lhok karena daerah tersebut masih dalam satu kawasan. Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi data pada kedua daerah tersebut, penyebaran intrusi air laut di daerah penelitian Desa Lambada Lhok dimulai dari lintasan LL 1, LL 2 sampai dengan lintasan LL 3. Penyebaran intrusi air laut paling parah terjadi pada lintasan LL 2 dan mulai berkurang pada lintasan LL 3.

## SIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Daerah yang terintrusi air laut mempunyai nilai resistivitas rata-rata di bawah 1,45  $\Omega\text{m}$  dibandingkan dengan nilai resistivitas daerah pembanding (desa Kajhu) mempunyai nilai resistivitas di atas rata-rata 1,45  $\Omega\text{m}$ , (2) Lintasan yang paling tinggi terkena intrusi air laut yaitu pada lintasan LL 2

dan mulai berkurang pada lintasan LL 3 serta lintasan LL 1, (3) Penerobosan/intrusi air laut ke permukaan desa Lambada Lhok terjadi pada dua arah, yaitu: Air laut masuk ke permukaan yang paling parah terjadi melalui muara sungai yang berhubungan langsung dengan laut di desa Lambada Lhok berdasarkan analisis lintasan LL 1, LL 2 dan LL 3 dan Air laut masuk ke permukaan melalui daerah pesisir yang sudah lazim terjadi, tetapi tidak terlalu tinggi. Hal ini terlihat berdasarkan data yang didapat pada Lintasan LL 1.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adeoti, L., O.M. Alile. and O. Uchebulam. 2010. Geophysical Investigation of Saline Water Intrusion into Freshwater Aquifers: A Case Study of Oniru, Lagos State. *Scientific Research and Essays* 5(3): 248-259.
- Adeyemo I.A., G.O. Omosuyi, and A.O Adelusi. 2017. Geoelectric Soundings for Delineation of Saline Water Intrusion into Aquifers in Part of Eastern Dahomey Basin, Nigeria. *Journal of Geoscience and Environment Protection*. 5: 213-232.
- Barlow, P.M. 2003. *Ground Water in Freshwater-Saltwater Environments of the Atlantic Coast*. US. Geological Survey, Reston, Virginia.
- Batayneh, A.T., 2006. Use of Electrical Resistivity Methods for Detecting Subsurface Fresh a Saline Water and Delineating Their Interfacial Configuration: A Case Study of the Eastern Dead Sea Coastal Aquifers. *Jordan Hydrogeology Journal*, 14(7): 1277-1283.
- Bennett, J.D., D.McC. Bridge. and N.R. Cameron. 1981. *Geologic Map of Banda Aceh Quadrangle, Sumatra*. Direktorat Geologi. Bandung. Indonesia.
- Culshaw, M.G., S.V. Duncan., and N.R Sutarto. 1979: Engineering Geological Mapping of the Banda Aceh Alluvial Basin, Northern Sumatra, Indonesia. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 19(1):40-47.
- Geotomo Software. 2004. *Geoelectrical Imaging 2-D & 3D RES2DINV ver. 3.54 for Windows 98/Me/2000/NT/XP*. Penang. Malaysia.1-129.
- Griffiths D.H. and R.D. Barker. 1993. Two-Dimensional Resistivity Imaging and Modeling in Areas of Complex Geology. *Journal of Applied Geophysics* 29: 21-26. [http://dx.doi.org/10.1016/0926-9851\(93\)90005-J](http://dx.doi.org/10.1016/0926-9851(93)90005-J).
- Gurunadha Rao, V.V.S., G. Tamma Rao., L. Surinaidu., R. Rajesh. and J. Mahesh. 2011. Geophysical and Geochemical Approach for Seawater Intrusion Assessment in the Godavari Delta Basin, A.P., India. *Water Air Soil Pollut* 217:503-514. <http://doi.org/10.1007/s11270-010-0604-9>.
- Indonesia. Badan Kordinasi Survey dan Pemetaan Nasional 1982, *Peta Rupa Bumi Sementara*, 1:50.000, Sementara-1982, BAKOSURTANAL, Jakarta.
- Johnson, T. 2007. Battling Seawater Intrusion in the Central & West Coast Basins. *Technical Bulletin* 13: 1-2.
- Kura, N.U., M.F. Ramli., S Ibrahim., W.N.A. Sulaiman., M.A. Zaudi., and A.Z. Aris, 2014. A Preliminary Appraisal of the Effect of Pumping on Seawater Intrusion and Upconing in a Small Tropical Island Using 2D Resistivity Technique. *The Scientific World Journal* 796425:1-11.
- Loke, M.H. 2000. *Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. 1-67. [www.abem.se](http://www.abem.se).
- Oyedele, K.F. and E.I. Momoh. 2009. Evaluation of Sea Water Intrusion in Freshwater Aquifers in a Lagoon Coast: A Case Study of the University of Lagos Lagoon, Akoka, Nigeria. *New York Science Journal*. 2(3):32-42.

- Oyeyemi K.D., A. P Aizebeokhai. and M.A. Oladunjoye. 2015. Intergrated Geophysical and Geochemical Investigations of Saline Water Intrusion in a Coastal Alluvila Terrain, Southwestern Nigeria. *International Journal of Applied Environmental Sciences* 10(4):1275-1288.
- Rahman, M. and A.K. Bhattacharya. 2014. Saline Water Intrusion in Coastal Aquifer: A Case Study from Bangladesh. *Journal of Engineering* 4(7):07-13.
- Reynold, J.M. 1997. *Introdution to Applied and Eviromental Geophysics*. John Willey and Soon Ltd. England.
- Satriani A., A. Loperte. and M. Proto. 2011. Electrical Resistivity Tomography for Coastal Salt Water Intrusion Characterization Along the Ionian Coast of Basilicata Region (Southern Italy). *International Water Technology Journal, IWTJ* 1(1): 83-90.
- Setyadi, A. 2014. *Krisis Air Bersih, 300 KK di Aceh Konsumsi Air Terkontaminasi Saat Tsunami*. <http://news.detik.com/read/2014/09/12/222512/2689215/10/krisis-air-bersih-300-kk-di-aceh-konsumsi-air-terkontaminasi-saat-tsunami>. Tanggal akses 18 April 2015.
- Siemon, B., Steuer A. 2014. Airborne Geophysical Investigation of Groundwater Resources in Northern Sumatra after the Tsunami of 2004. *The Tsunami Threat-Research and Technology*. 28:575-594.
- Siemon B., A. Steuer., U. Meyer. and H. Rehli. 2007. Help Aceh - A Post-Tsunami Helicopter-Borne Groundwater Project Along the Coasts of Aceh, Northern Sumatra. *Near Surface Geophysics* 5(4):231-240.
- Supriyadi., Khumaedi. and Putro, A.S.P. 2017. Geophysical and Hydrochemical Approach for Seawater Intrusion In North Semarang, Central Java, Indonesia. *International Journal of GEOMATE* 12(31):134-140.
- Telford, W.M., L.P. Geldart. And R.E. Sheriff, 1990. *Applied Geophysics*, 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge University Press. New York.