



Jenis Artikel: *original research*

## Pendugaan Sebaran Intrusi Air Laut di Desa Jeulingke Menggunakan Metode 2D Resistivitas

Amsir Amsir<sup>1</sup>, Yurda Marvita<sup>1</sup>, Zakia Masrurah<sup>1</sup>, Farzian Iqbal<sup>2</sup>, Dina Gunarsih<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

<sup>2</sup>Balai Wilayah Sungai Sumatera III, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, PUPR, Riau

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Corresponding e-mail: [amsir@usk.ac.id](mailto:amsir@usk.ac.id)

### KATA KUNCI:

Intrusi air laut, Resistivitas, air tanah, Wenner-Schlumberger

Diserahkan: 18 Maret 2023

Diterima: 31 Maret 2023

Diterbitkan: 31 Maret 2023

Terbitan daring: 31 Maret 2023

**ABSTRAK.** Intrusi air laut merupakan proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pesisir pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebaran intrusi air laut di kawasan Jeulingke berdasarkan nilai resistivitas. Data 2D resistivitas diperoleh dari pengukuran data geolistrik menggunakan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dengan jumlah 3 lintasan. Hasil Penampang 2D resistivitas bawah permukaan pada daerah penelitian menunjukkan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bervariasi antara 0,2 - 10 ohm.m pada ketiga lintasan pengukuran, yang menunjukkan terdapatnya tiga lapisan kondisi air bawah permukaan, yaitu air asin, air payau, dan air tawar, dengan kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari material lepas berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang merupakan material dari endapan aluvium. Berdasarkan interpretasi data geolistrik, menunjukkan bahwa intrusi terjadi pada ketiga lintasan dengan kedalaman yang bervariasi antara 0,5 m sampai dengan >36 m. Interpretasi menunjukkan bahwa intrusi air laut sudah tersebar merata sepanjang bentangan lintasan pengukuran dengan terdapatnya nilai resistivitas 0.2 Ohm.m yang mengindikasikan adanya intrusi air laut.

### 1. Pendahuluan

Daerah Jeulingke merupakan salah satu gampong di Kecamatan Syiah Kuala, Kota Banda Aceh yang menjadi kawasan padat penduduk dan terdapat banyak fasilitas umum seperti gedung perkantoran, rumah sakit, puskesmas, sekolah, mesjid, dan pertokoan. Seiring dengan perkembangan aktivitas masyarakat di kawasan

tersebut, kebutuhan akan air bersih semakin meningkat, menurut Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh peningkatan kebutuhan air bersih di Kota Banda Aceh disertai dengan meningkatnya produksi air bersih yang terus bertambah dari tahun 2011 hingga tahun 2019 sebesar 2% - 3% pertahunnya, dengan jumlah total peningkatan produksi air bersih sebesar  $2.834.406 \text{ m}^3$  per  $\pm 10$  tahun terakhir (BPS, 2021). Sampai saat ini, sumber air bersih yang digunakan oleh masyarakat bersumber dari PDAM dan air tanah yang diambil sumber galian atau sumur bor (Irwan dan Jamal, 2020).

Disamping itu, pemanfaatan air tanah secara berlebihan di area pesisir pantai akan menimbulkan dampak negatif bagi sistem hidrologi (Febrian dkk., 2021), salah satunya adalah intrusi air laut sebagaimana dijelaskan oleh Khan et, al (2021) dan Purnama dan Marfai (2012) bahwa intrusi air laut merupakan sebuah permasalahan yang sangat penting untuk dikaji lebih lanjut karena perubahan tekanan air tanah sehingga air laut dapat bergerak menuju daratan. Perubahan tekanan hidrostatik antara air tanah dan air laut yang tidak seimbang menyebabkan terjadinya intrusi air laut.

Kawasan yang berada di pesisir memiliki potensi perubahan tekanan air tanah yang disebabkan oleh kenaikan permukaan air laut, suplay air tanah dari pegunungan yang berkurang dan eksploitasi air tanah secara berlebihan, sehingga menimbulkan potensi pencemaran air tanah berupa intrusi air laut yang lebih tinggi (Sastrawan et al., 2021). Intrusi air laut dapat menyebabkan perubahan sifat dan kandungan fisika, biologi dan kimia air tanah (Cahyadi dkk., 2017; Febrianta dan Widyastuti, 2020), serta pencemaran air tanah yang menyebabkan berbagai hal antara lain krisis air bersih layak konsumsi, kerusakan pondasi bangunan dan merusak kesuburan tanah (Listyani dan Putranto, 2020). Berdasarkan permasalahan – permasalahan tersebut perlu dilakukan kajian geofisika untuk mengetahui indikasi keberadaan intrusi air laut.

Metode Geolistrik adalah suatu metode investigasi pada permukaan tanah untuk mengetahui lapisan-lapisan batuan atau material berdasarkan prinsip bahwa lapisan batuan atau material mempunyai nilai resistivitas atau hambatan jenis yang berbeda-beda (Loke, 2020). Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Darsono dkk (2019) dengan menggunakan metode resistivitas untuk kajian air tanah, Muhardi dkk (2020a) menganalisa permasalahan kondisi tanah akibat kontaminasi lindi, serta Muhardi dkk (2020b) dan Muslim dkk (2021) melakukan kajian untuk mengetahui sebaran intrusi air laut dengan metode resistivitas guna mengetahui sebaran nilai resistivitas pada lapisan akuifer. Menurut Muliadi dkk (2019) menjelaskan bahwa setiap batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda pada setiap lapisan, hal ini dipengaruhi oleh kandungan mineral, fluida pada pori-pori, dan porositas yang terdapat pada batuan. Dalam penelitian ini pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode 2D resistivitas dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Konfigurasi ini memiliki penetrasi posisi lapisan bawah permukaan tanah secara lateral sehingga dapat mengidentifikasi sebaran intrusi air laut di Desa Jeulingke terutama di bagian daerah pesisir. Informasi tentang sebaran intrusi air laut tersebut diharapkan dapat bermanfaat sebagai sumber acuan dalam penggunaan sumber air tanah di lokasi penelitian.

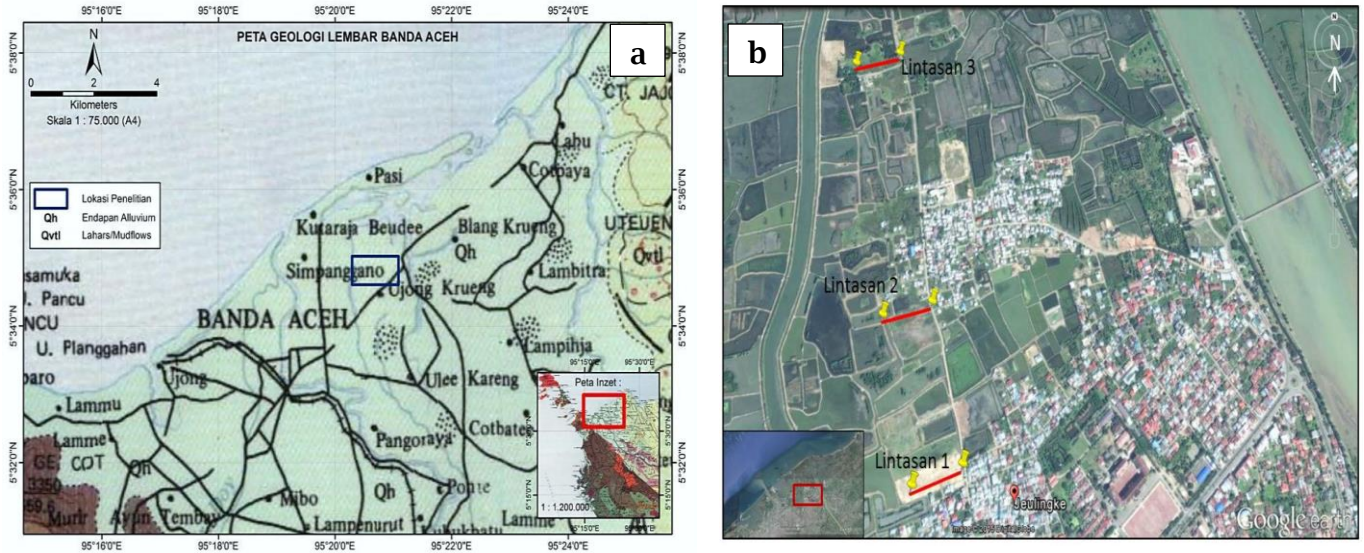
## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian merupakan daerah padat penduduk dan terdapat banyak bangunan serta fasilitas umum, seperti gedung perkantoran, rumah sakit, puskesmas, sekolah, mesjid, pertokoan. Berdasarkan Gambar 1 (a) pada daerah penelitian, kondisi geologinya merupakan endapan aluvium (Qh), endapan ini merupakan endapan termuda yang terdiri dari material lepas berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Endapan ini masih terus berlangsung sebagai hasil dari pengikisan sungai saat ini, dan juga merupakan lapisan pembawa air atau lapisan akuifer (Bennett dkk, 1981).

Pengukuran pada daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan metode 2D resistivitas dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Sebelum melakukan pengukuran resistivitas di lapangan, terlebih dahulu ditentukan lintasan pengukuran, dimana masing lintasan memiliki panjang bentangan sejauh 165 m. Jumlah

elektroda dalam satu bentangan sebanyak 56 buah dan jarak antar elektroda 3 m, seperti yang disajikan pada Gambar 1 (b).

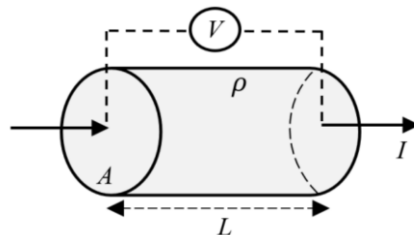


**Gambar 1.** Peta daerah penelitian (a) Peta geologi lembar Banda Aceh, Sumatera (Bennett dkk, 1981); (b) Desain lintasan lokasi pengukuran

Sebelum pengukuran, dibuat *command file* terlebih dahulu dengan menggunakan *software* AGI *SuperSting Administrator*. *Command file* bertujuan untuk mengendalikan pengukuran sesuai dengan parameter kontrol yang diinginkan, yang mencakup metode yang digunakan, pengaturan jumlah elektroda, spasi, dan kedalaman daerah yang diukur. Setelah pembuatan *command file* selesai maka selanjutnya *command file* ini ditransfer ke alat resistivimeter yang digunakan.

## 2.2 Metode Penelitian

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan. Sebagaimana Loke (2020) menyebutkan bahwa sifat kelistrikan dapat dianalisis dengan mengukur nilai resistivitas bahan (tahanan jenis). Prinsip umum metode geolistrik resistivitas adalah dengan menggunakan elektroda arus yang berfungsi untuk menginjeksikan arus listrik di permukaan bumi. Selanjutnya, arus listrik tersebut akan menyebar di bawah permukaan bumi ke segala arah, dan elektroda potensial akan mencatat beda potensial (tegangan) pada lapisan batuan permukaan bumi. Jika arus dan beda potensial sudah diperoleh maka nilai tahanan dan sebaran nilai resistivitas lapisan bawah permukaan di lokasi penelitian dapat ditentukan.

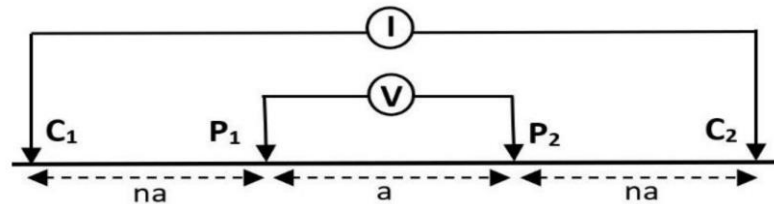


**Gambar 3.** Medium berbentuk silinder yang dialiri arus listrik (Lowrie, 2007)

Arus listrik yang diinjeksikan dan mengalir pada suatu medium berbentuk silinder yang mempunyai panjang  $L$ , luas penampang  $A$ , dan hambatan  $R$  seperti yang ditampilkan pada Gambar 3, maka nilai resistivitas medium  $\rho$  dapat dirumuskan seperti pada Persamaan (1).

$$\rho = R \frac{A}{L} \tag{1}$$

Prinsip pengukuran dalam penelitian ini menggunakan 4 buah elektroda, yang terdiri dari 2 buah elektroda arus yaitu  $C_1$  dan  $C_2$  dan 2 buah elektroda potensial yaitu  $P_1$  dan  $P_2$  dengan jarak antar elektroda yaitu  $a$ . Pada saat pengukuran, posisi elektroda potensial tetap, sedangkan posisi elektroda arus berubah, sesuai dengan faktor rasio ( $n$ ). Susunan elektroda dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Wenner-Schlumberger (Loke, 2020)

Batuan atau mineral yang ada dibawah permukaan termasuk air tanah yang terdampak intrusi air laut dapat diinterpretasi dengan cara mengidentifikasi nilai resistivitas. Loke (2020) mendefinisikan resistivitas sebagai kemampuan medium dalam menghambat arus listrik, sedangkan kemampuan medium dalam menghantarkan arus listrik disebut konduktivitas. Setiap medium mempunyai karakteristik resistivitas tersendiri sehingga keberadaannya dapat diidentifikasi. Air tanah (*freshwater*) umumnya mempunyai nilai resistivitas yang lebih besar, baik dibandingkan dengan air asin maupun air tanah yang terdampak intrusi air laut. Nilai resistivitas material bawah permukaan bisa di lihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai resistivitas air, tanah, dan batuan (Telford et al, 1990)

No	Material	Nilai Resistivitas (Ohm.m)
1.	Air laut	0,2
2.	Air (salinitas 20%)	0,05
3.	Air (salinitas 3%)	0,15
4.	Air tanah	$0.5 - 3 \times 10^2$
5.	Lempung	$1 - 10^2$
6.	Lempung berpasir	80 - 1050
7.	Batupasir	$1 - 6.4 \times 10^8$
8.	Pasir	$1 - 10^3$
9.	Alluvium	$10 - 8 \times 10^2$
10.	Kerikil	$10^2 - 6 \times 10^2$

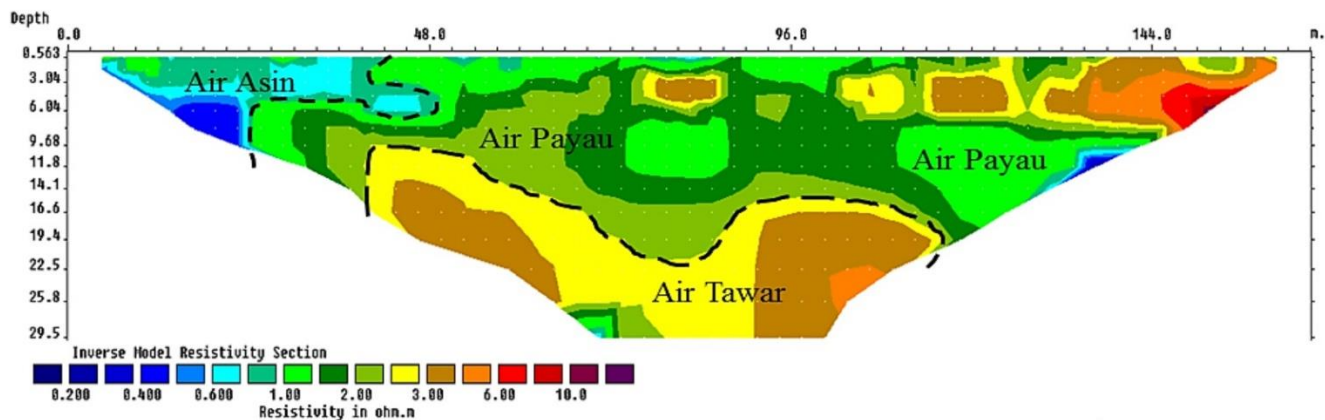
### 3. Hasil dan Pembahasan

Penampang 2D resistivitas merupakan visualisasi penyebaran nilai resistivitas batuan atau mineral yang berada di bawah permukaan yang diperoleh dengan menggunakan metode 2D resistivitas. Bentuk kontur resistivitas dalam penampang 2D tidak menunjukkan dimensi dari batuan di bawah permukaan. Secara umum, Penampang 2D resistivitas bawah permukaan dapat memberikan gambaran jenis dan karakteristik lapisan batuan (Febrian dkk., 2021).

Penampang 2D resistivitas bawah permukaan pada daerah penelitian menunjukkan nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bervariasi antara 0,2 - 10 ohm.m yang tersebar pada setiap lintasan pengukuran.



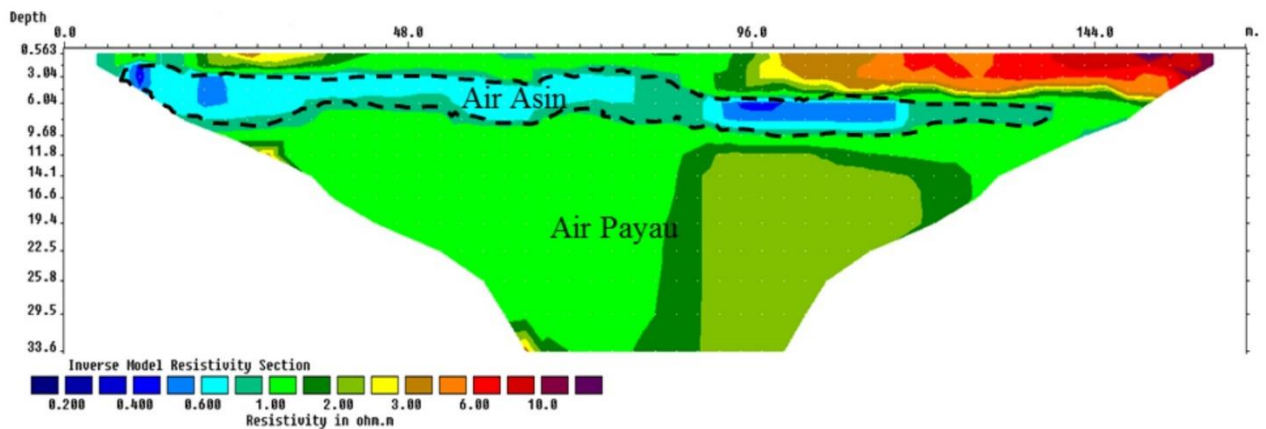
Secara umum kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari material lepas berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang merupakan material dari endapan aluvium.



Gambar 5. Hasil inversi penampang 2D resistivitas pada lintasan 1

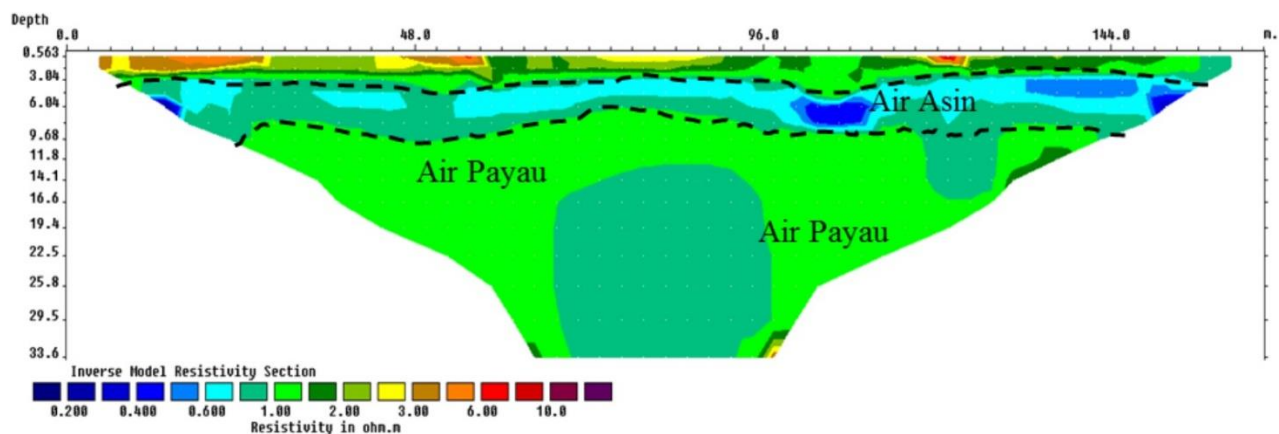
Berdasarkan hasil interpretasi pada Lintasan 1 didapatkan penampang 2D resistivitas bawah permukaan dengan indikasi intrusi air laut. Indikasi ini ditandai dengan nilai resistivitas yang sangat rendah 0.2 - 6 ohm.m dengan material yang tersusun dari pasir, material lanau, dan material lempung (Gambar 5). Astutik dkk (2016) menyebutkan bahwa nilai resistivitas rendah dapat disumsikan sebagai lapisan material lempung yang telah terkontaminsi oleh air laut. Material lempung memiliki karakteristik nilai tahanan jenis yang rendah, namun saat material lempung terkontaminsi dengan air laut nilai resistivitas material lempung akan semakin rendah dari keadaan normal. Area yang memiliki kontaminasi intrusi air laut pada lintasan 1 terdapat pada jarak 1-42 m dengan kondisi air asin yang memiliki nilai resistivitas 0.2-1 ohm.m dengan kedalaman berkisar 0.5-10 m. Sedangkan nilai resistivitas 1-2.5 ohm.m diasumsikan sebagai air payau yang tersebar di bentangan penelitian pada jarak 42-165 m dengan kedalaman berkisar 20 m. Pada Lintasan 1 juga terdapat air tawar di kedalaman 10-30 m yang tersebar pada jarak 42-117 m dengan nilai resistivitas berkisar 3-6 ohm.m. Hal ini sejalan dengan Telford dkk (1990) menyebutkan bahwa bahwa air tanah atau *freshwater* dalam sedimen memiliki nilai resistivitas 1 - 100 ohm.m. Posisi Lintasan 1 berada pada jarak 2.44 km dari pesisir pantai, sehingga memiliki resiko mengalami pencemaran air laut.

Gambar 6 menunjukkan sebaran resistivitas pada lintasan 2. Rentang nilai resistivitas yang didapat pada lintasan kedua yaitu 0,2-6 Ohm.m. Pada lintasan 2 diidentifikasi terdapat serapan intrusi air laut secara menyeluruh sepanjang bentangan lintasan penelitian. Kondisi air asin terdistribusi pada kedalaman 3-8 m di bentangan lintasan 1-138 m dengan nilai resistivitas berkisar 0.2-1 Ohm.m. Sedangkan, air payau tersebar sepanjang lintasan pengukuran dengan nilai resistivitas berkisar 1-2.5 Ohm.m pada kedalaman > 6m. Posisi Lintasan 2 berada pada jarak 2 km dari pesisir pantai dan area lintasan merupakan tanah timbunan lama, sehingga memiliki resiko tinggi mengalami pencemaran air laut.



Gambar 6. Hasil inversi penampang 2D resistivitas pada lintasan 2

Gambar 7 menunjukkan sebaran resistivitas pada lintasan 3, dengan rentang nilai resistivitas yang didapat yaitu 0,2-2.5 Ohm.m. Pada lintasan ini teridentifikasi serapan intrusi air laut yang membentang sepanjang lintasan penelitian. Kondisi air asin terdistribusi pada kedalaman 3-10 m di sepanjang bentangan lintasan pengukuran dengan nilai resistivitas berkisar 0.2-1 Ohm.m. Sedangkan, air payau juga tersebar sepanjang lintasan pengukuran dengan nilai resistivitas berkisar 1-2.5 Ohm.m pada kedalaman > 7 m. Posisi Lintasan 2 berada pada jarak 1.27 km dari pesisir pantai dan area lintasan merupakan tanah timbunan berupa material pasir kering, sehingga memiliki resiko tinggi mengalami pencemaran air laut.



Gambar 7. Hasil inversi penampang 2D resistivitas pada lintasan 3

Berdasarkan hasil penampang 2D resistivitas daerah penelitian terdapat lapisan yang dapat diidentifikasi sebagai lapisan yang telah mengalami intrusi air laut yaitu lapisan yang memiliki rentang nilai resistivitas antara 0,2-6 Ohm.m. Pada ke tiga lintasan, intrusi air laut tersebut menyebar hampir merata pada setiap dari kedalaman lintasan pengukuran. Ada faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sebaran intrusi air laut yang terjadi di daerah penelitian antara lain dikarenakan jarak dari garis pantai, litologi, dan kondisi geologi bawah permukaan. Berdasarkan peta geologi memperlihatkan lokasi penelitian merupakan daerah endapan aluvium (Qh), endapan ini adalah endapan termuda yang terdiri dari material lepas berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung (Bennett dkk., 1981). Selain itu, kondisi adanya sungai atau parit yang terhubung langsung dengan laut di lokasi penelitian juga menjadi faktor terjadinya intrusi air laut ke daratan. Secara umum, litologi bawah permukaan di lokasi penelitian diinterpretasi tersusun atas 3 lapisan yaitu lapisan akuifer dangkal berupa lapisan pasir yang

sebagian mengalami intrusi air laut, lapisan lempung yang bersifat impermeabel, dan lapisan yang bersifat setengah kedap air (akuitar) dengan material berupa lempung pasiran, pasir lempungan dan kerikil yang dapat meloloskan air tanah (Muslim dkk., 2021), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Lapisan bawah permukaan daerah penelitian

Lintasan	Nilai Resistivitas (ohm.m)	Kedalam (m)
1	0.2-1	0.5-10
	1-2.5	±20
	3-6	10-30
2	0.2-1	3-10
	1-2.5	>7
3	0.2-1	2-10
	1-2.5	>7

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kondisi lapisan bawah permukaan daerah penelitian terdiri dari material lepas berupa kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang merupakan material dari endapan aluvium. Pada daerah Jeulingke terdapat nilai resistivitas lapisan bawah permukaan bervariasi antara 0,2 - 10 ohm.m yang menunjukkan terdapatnya tiga lapisan kondisi air bawah permukaan, yaitu air asin, air payau, dan air tawar (*freshwater*) yang tersebar pada setiap lintasan pengukuran.

Pada daerah Jeulingke terdapat indikasi intrusi air laut di semua lintasan pengukuran, intrusi air laut diketahui berdasarkan penampang 2D resistivitas yang menunjukkan adanya anomali nilai resistivitas rendah dengan nilai 0,2 Ohm.m. Kondisi air asin yang diinterpretasikan akibat intrusi air laut pada setiap lintasan memiliki kedalaman dan jarak yang berbeda. Posisi intrusi air laut ditemukan di hampir semua lintasan pengukuran. Nilai resistivitas rendah yang didapatkan diperkirakan sebagai lapisan lempung yang telah terkontaminasi oleh air laut.

#### Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih Mahasiswa Prodi Teknik Geofisika Fakultas Teknik yang terlibat dalam penelitian ini.

#### Keterlibatan Penulis

A melakukan analisis data, menulis manuskrip original dan menulis manuskrip revisi. YM melakukan akuisisi data, analisis data, dan menulis manuskrip original. FI melakukan akuisisi data, DG melakukan akuisisi data. ZM membantu proses penulisan serta gagasan ide penelitian.

#### Daftar Pustaka

- Astutik, P., Wahyono, C., Sadok, S. 2016. *Identifikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik di Desa Kampung Baru, Tanah Bumbu. Jurnal Fisika FLUX*, Volume 13(2), 2514-1713.
- Bennett, J. D., Bridge, D.McC., Cameron, N.R., Djunuddin, A., Ghazali, S.A., Jeffery D.H., Kartawa, W., Keats, W., Rock, N.M.S., Thomson, S.J., and Whandoyo, R. 1981. *Geologic Map of The Banda Aceh Quadrangle, Sumatra*. Geological Research and Development Centre. Systematic Geological Map, Indonesia.
- Bandaacehkota.bps.go.id. 28 Mei 2021. *Statistik Penyediaan Air Bersih Kota Banda Aceh, 2011-2019*. Diakses pada 31 Maret 2023, dari <https://bandaacehkota.bps.go.id/statictable/2021/05/28/65/statistik-penyediaan-air-bersih-kota-banda-aceh-2011-2019-.html>
- Cahyadi, A., Adji, T. N., Marfai, M. A., Noviandaru, S., & Agniy, R. F. (2017). Analisis Dampak Intrusi Air Laut

- Terhadap Airtanah di Pulau Korall Pramuka, DKI Jakarta. *Majalah Geografi Indonesia, Youngster Physics Journal*, 4(4), 317-322. 31(2),
- Darsono dan Darmanto, D. 2019. *Identifikasi Keberadaan Lapisan Akuifer Tertekan (Confined Aquifer) Berdasarkan Data Geolistrik (Studi Kasus: Desa Sambirejo Kecamatan Plupuh Kabupaten Sragen)*. Indonesian Journal of Applied Physics, 9(1), 46-53.
- Febriarta, E dan Widyasturi. M. (2020). Kajian kualitas air tanah dampak intrusi di sebagian pesisir Kabupaten Tuban. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan Dan Profesi Kegeografian*, 17(2), 39-48.
- Febrian, D, S, dan Rahmania, M, A. 2021. *Studi Awal Indikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Jurnal Fisika Flux, Volume 18 (2), 164-169
- Irwan, N. I., & Jamal, A. (2020). *Kebutuhan Air Bersih Penduduk Kota Banda Aceh*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi Pembangunan, 5(1), 20-27.
- Khan, A. F., Srinivasamoorthy, K., Prakash, R., & Rabina, C. (2021). *Hydrochemical and statistical techniques to decode groundwater geochemical interactions and saline water intrusion along the coastal regions of Tamil Nadu and Puducherry, India*. Environmental Geochemistry and Health, 43, 1051-1067.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamental of Geophysics (Second Edition)*. Cambridge University Press.
- Loke, D. M. (2020). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Geoelectrical.com
- Muhardi, Muliadi, dan Zulfian. 2020a. *Model 3D Sebaran Lindi pada Lapisan Tanah di Area TPA Batulayang Pontianak Kalimantan Barat Berdasarkan Nilai Resistivitas*. Jurnal Fisika Flux, 17(2), 73-79.
- Muhardi, Faurizal, dan Widodo. 2020b. *Analisis Pengaruh Intrusi Air Laut terhadap Keberadaan Air Tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas*. Indonesian Journal of Applied Physics, 10(2), 89-96.
- Muliadi, Zulfian, dan Muhardi. 2019. *Identifikasi Ketebalan Tanah Gambut Berdasarkan Nilai Resistivitas 3D: Studi Kasus Daerah Tempat Pembuangan Akhir Batu Layang Kota Pontianak*. Positron, 9(2), 86-94
- Muslim., Azrul. Azwar., dan Muhardi. 2021. *Identifikasi Sebaran Intrusi Air Laut di Sekitar Area Pelabuhan Internasional Kijing, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Resistivitas*. Jurnal Fisika. Vol 11(1), 19-26
- Minarto, O., Wahyono, S. C., dan Wianto, T. (2016). Penentuan Pola Sebaran Intrusi Air Laut. *Jurnal Ilmiah Fisika FLUX*, 11(1), 89-95.
- Purnama, S, dan Marfai, M. A. (2012). Saline water intrusion toward groundwater: Issues and its control. *Jorunal of Natural Resources and Development*, 2, 25-32.
- RA, T. Listyani, and Thomas Triadi Putranto. (2020). "Hydrochemical of Groundwater and the Potential of Sea Water Intrusion in Tanah Laut, South Kalimantan." *Proceeding of the 5th International Conference of Geological Engineering Faculty*. Vol. 1(1).
- Sastrawan, F. D., Rahmania, R., & Arisalwadi, M. (2021). *Studi Awal Indikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Gelostrik Tahanan Jenis*. Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, 18(2), 164-169.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, and Keys, D. A. 1990. *Applied Geophysic*. Cambridge University Press, London.