

Pendugaan Intrusi Air Laut Terhadap Air Tanah Dangkal di Kecamatan Pariaman Utara Kota Pariaman

Rahmah Dina Yusra*, Afdal

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 14 September 2022
Direvisi: 11 Oktober 2022
Diterima: 11 Oktober 2022

Kata kunci:

intrusi air laut
konduktivitas listrik
resistivitas

Keywords:

seawater intrusion
electrical conductivity
resistivity

Penulis Korespondensi:

Rahmah Dina Yusra
Email: rahmahdinayusra@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian di Pantai Kecamatan Pariaman Utara, Sumatera Barat menggunakan metode geolistrik Konfigurasi Wenner 2 Dimensi untuk mengetahui posisi serta kedalaman intrusi air laut di Pantai Ampalu dan Pantai Balai Naras, Kecamatan Pariaman Utara, Sumatera Barat. Penelitian dilakukan pada empat lintasan dengan panjang lintasan masing-masing 100 meter, dua lintasan sejajar garis pantai dan dua lintasan tegak lurus terhadap garis pantai. Pengolahan data menggunakan software RES2DINV versi demo sehingga didapatkan penampang lintang resistivitas. Pada penelitian ini juga diukur nilai konduktivitas listrik dan pH untuk pembandingan dengan hasil penampang resistivitas. Lintasan 1 memiliki rentang nilai resistivitas 172-45.584 Ωm yang diperkirakan pasir berkerikil dan pasir lempung. Lintasan 2 memiliki resistivitas 47,4- 200.809 Ωm yang diperkirakan pasir kerikil dan pasir lempung. Lintasan 3 memiliki resistivitas 58,7-37.984 Ωm yang diperkirakan pasir kerikil, gamping dan granit. Lintasan 4 memiliki resistivitas 0,984-3.825 Ωm yang diperkirakan pasir kerikil mengandung air asin dan pasir kerikil. Lintasan 1, 2 dan 3 belum menunjukkan indikasi intrusi air laut dikarenakan nilai resistivitas yang besar menandakan sedikitnya air yang bersalinitas pada material. Lintasan 4 menunjukkan intrusi pada jarak 125 m dari pantai pada kedalaman 4-5 meter dengan nilai resistivitas 0,984-3,20 Ωm yang diperkirakan pasir kerikil mengandung air asin. Hal ini didukung nilai konduktivitas listrik sampel melebihi 200 $\mu\text{mho/cm}$ dan pH menurun yaitu 271 $\mu\text{mho/cm}$ dan pH 6,78.

Research to determine the subsurface structure and depth of sea water intrusion in the Ampalu Beach and Balai Naras Beach, on the North Pariaman Subdistrict District, West Sumatera has been carried out Beach using the 2-Dimensional Wenner Configuration geoelectric method. The study was conducted on four tracks with a track length of 100 meters each, two tracks parallel to the coastline and two tracks perpendicular to the coastline. The data is processed using RES2DINV software demo version so as to produce a resistivity cross section. In this study also measured the value of electrical conductivity and pH for comparison with the results of the resistivity cross section. Track 1 has a resistivity of 172-45,584 m which is estimated gravel sand and clay sand. Track 2 has a resistivity range of 47.4-200,809 m which is estimated to be gravel sand and loamy sand. Track 3 has a resistivity 58.7-37.984 m which is estimated to be sand gravel, limestone and granite. Track 4 has a resistivity 0.984-3,825 m which is estimated to be gravel sand containing brine and gravel sand. Tracks 1, 2 and 3 have not shown any indication of seawater intrusion because the large resistivity value indicates that there is little water with salinity in the rock material. Track 4 shows an intrusion at a distance of 125 m from the beach at a depth of 4-5 meters with a resistivity value of 0.984-3.20 m which is estimated as gravel sand containing salt water. This is also supported by the electrical conductivity value of the sample exceeding 200 $\mu\text{mho/cm}$ and the pH decreased to 271 $\mu\text{mho/cm}$ and pH 6.78.

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan utama bagi makhluk hidup yang ada di bumi. Tanpa ada air maka kehidupan tidak akan berlangsung atau akan terhenti. Air tanah merupakan air yang banyak digunakan dalam memenuhi kebutuhan hidup. Sebanyak 99,19% air tanah yang terdapat di muka bumi memiliki peranan penting untuk menopang kehidupan makhluk hidup (Darwis, 2018). Pencemaran lingkungan mengakibatkan kualitas air tanah akan menurun. Pencemaran lingkungan seperti limbah industri, limbah domestik dan bahkan perubahan penggunaan lahan terutama di wilayah pesisir pantai oleh manusia. Perubahan lahan di wilayah pesisir pantai dapat menyebabkan turunnya muka air tanah sehingga air laut mendorong masuk sehingga menyebabkan intrusi air laut. Intrusi air laut adalah masuknya air asin ke dalam air tanah di daerah pesisir pantai (Astutik dkk., 2016).

Intrusi air laut dapat menyebabkan dampak yang merugikan. Dampak yang disebabkan oleh intrusi air laut ini yaitu terjadi perubahan rasa yang mulanya air tawar menjadi asin (Ismawan, 2016). Air yang telah terintrusi tinggi akan menimbulkan kerugian, misalnya berbahaya untuk kesehatan bila digunakan sebagai air minum karena memiliki salinitas tinggi, kegagalan panen bagi pertanian, korosi bagi peralatan dan bangunan yang terbuat dari unsur logam (Darmawansa dkk., 2014). Metode geolistrik resistivitas merupakan metode yang sering digunakan dalam mengidentifikasi intrusi air laut dan air tanah. Metode geolistrik resistivitas dapat dilakukan dengan beberapa konfigurasi seperti Wenner, Schlumberger dan Wenner-Schlumberger. Susunan Konfigurasi Wenner memiliki kelebihan berupa resolusi vertikal yang bagus serta sensitivitas perubahan lateral yang tinggi (Hakim and Manrulu, 2016).

Metode geolistrik resistivitas telah banyak dilakukan dalam mengidentifikasi intrusi air laut yang dapat dilihat pada beberapa penelitian. Penelitian terkait dugaan intrusi air laut menggunakan metode geolistrik Konfigurasi Wenner-Schlumberger di kawasan Surabaya Timur mengidentifikasi adanya intrusi air laut dengan nilai resistivitas 0,734-6,31 Ωm pada kedalaman 0,6-3,5 m (Wardhana dkk., 2017). Identifikasi Pantai Candidasa menggunakan metode geolistrik menunjukkan bahwa intrusi air laut sudah terjadi dengan nilai resistivitas batuan berkisar 0,35–1800 Ωm pada kedalaman 5-10 m (Pujianiki and Simpen, 2018).

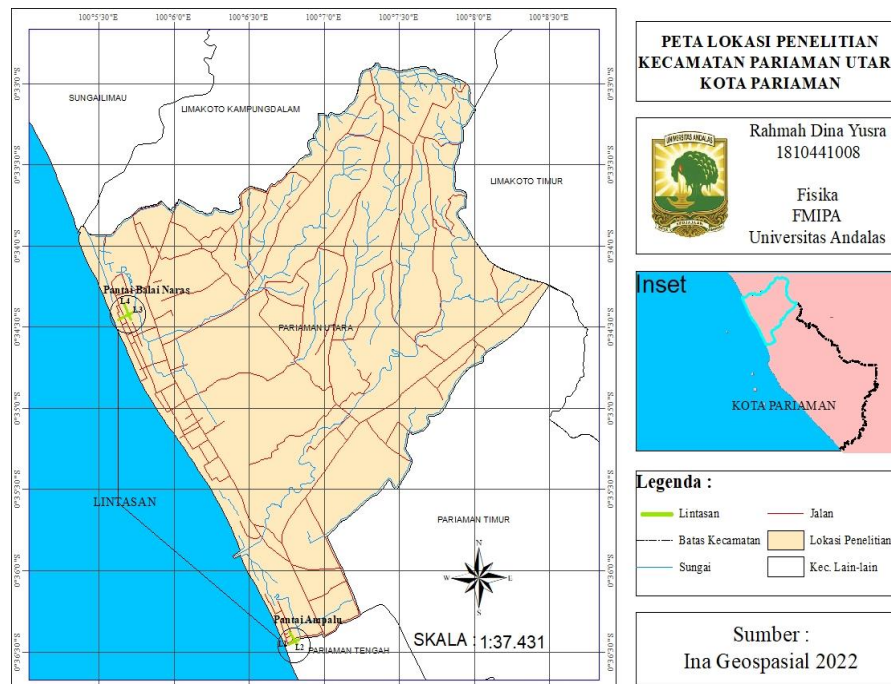
Wilayah pesisir pantai rawan terhadap intrusi air laut. Kota Pariaman merupakan salah satu wilayah yang memiliki wilayah pesisir pantai sehingga, tidak menutup kemungkinan kawasan pesisir pantai Kota Pariaman telah mengalami intrusi air laut. Kota Pariaman memiliki wilayah pesisir dengan kerentanan yang tinggi terhadap abrasi pada wilayah sekitar pesisir dan dataran rendah terutama Kecamatan Pariaman Utara dan Tengah (Ondara dkk., 2018). Abrasi dapat mengakibatkan berkurangnya area pantai dan merusak hutan bakau yang berfungsi menahan masuknya air laut kedalam akuifer air tanah, dimana intrusi air laut dapat terjadi melalui rembesan pada sungai, rawa dan cekungan lainnya. Penelitian Solihuddin (2011) menunjukkan bahwa wilayah yang intensif terkena abrasi adalah pesisir Pantai Pariaman dengan litologi berupa endapan aluvium. Oleh sebab itu diperlukan penelitian mengenai intrusi air laut di kawasan pesisir Pantai Ampalu, dan Pantai Balai Naras, Kecamatan Pariaman Utara.

II. METODE

2.1 Pengambilan Data

2.1.1 Pengambilan Data Arus dan Tegangan

Pengambilan data dilakukan secara langsung di Kecamatan Pariaman Utara pada dua pantai yaitu: Pantai Ampalu dan Pantai Balai Naras yang dapat dilihat pada Gambar 1. Lintasan terdiri dari 2 lintasan tegak listrik dan 2 lintasan sejajar garis pantai dengan panjang 100 meter. Tahap-tahap pengambilan data dimulai dengan menancapkan elektroda arus dan potensial A, B, M dan N sesuai dengan nilai pada tabel akuisisi data untuk data pertama. Kedua, Arus (I) dan beda potensial (V) diinjeksikan serta catat besarnya ke dalam tabel akuisisi. Ketiga, elektroda (A, B, M dan N) dipindahkan untuk titik data selanjutnya. Terakhir ulangi langkah dua dan tiga untuk seluruh titik data.



Gambar 1 Lokasi Penelitian
(Ina Geospasial, 2022)

2.1.2 Pengambilan Sampel Air Sumur

Sampel air sumur penduduk diambil pada 8 rumah penduduk yang dekat dengan lintasan geolistrik. Selanjutnya, dilakukan pengukuran nilai konduktivitas listrik menggunakan *conductivity meter* dan pH menggunakan pH-meter. Pengambilan sampel air sumur juga dilengkapi dengan data kedalaman sumur serta jarak dari bibir pantai. Rincian lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1. Pengukuran nilai konduktivitas listrik dan pH dilakukan untuk melihat klasifikasi air sumur warga tersebut berdasarkan tabel klasifikasi instruksi air laut pada buku Davis & Wiest (1996)

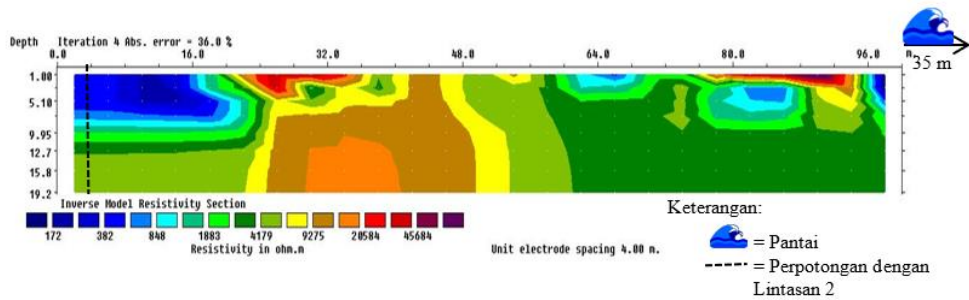
2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan *Microsoft Excel* dan *Software RES2DINV* versi demo. Berikut ini adalah tahap- tahap dalam pengolahan data: pertama dimulai dari menghitung faktor geometri dan nilai resistivitas semu untuk konfigurasi Wenner menggunakan *Microsoft Excel*, selanjutnya format data sesuai aturan konfigurasi Wenner menggunakan NOTEPAD. Kemudian lakukan pemodelan inversi menggunakan *Software RES2DINV*.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Lintasan 1

Posisi Lintasan 1 di Pantai Ampalu tegak lurus terhadap garis pantai. Panjang bentangan Lintasan 1 adalah 100 m dan kedalaman 19,2 meter. Pada meter ke 3 Lintasan 1 mengalami perpotongan dengan Lintasan 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat lapisan di bawah Lintasan 1 didominasi oleh warna hijau dengan nilai resistivitas 1.884 Ωm -4.179 Ωm dengan kedalaman 19,2 m. Lapisan ini diduga sebagai batu pasir kuarsa yang terdapat sepanjang lintasan. Pada bagian tengah terdapat lapisan berwarna kuning sampai coklat dengan nilai resistivitas 4.180-9.275 Ωm diduga sebagai batuan gamping (Telford dkk., 1990). Batuan amping ini merupakan hasil timbunan yang dilakukan masyarakat sekitar. Pada pojok kiri dan kanan atas terdapat lapisan berwarna biru tua hingga biru muda dengan nilai resistivitas berturut-turut 172-382 Ωm dan 383-848 Ωm diduga sebagai batu pasir lempung dan batuan pasir dan kerikil yang mengandung air tawar (Telford dkk., 1990). Lapisan ini berada pada kedalaman 1-8 meter. Hal ini juga sesuai dengan data kedalaman sumur warga, dimana kedalaman sumur warga di Pantai Ampalu ini sekitar 4-5 meter.

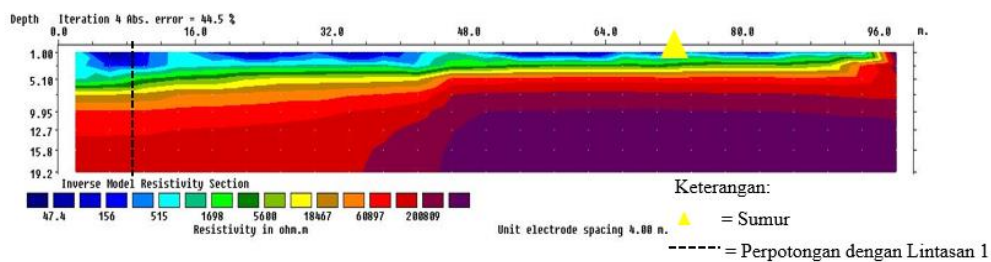


Gambar 2 Penampang Lintang Resistivitas Lintasan 1

Pada lapisan bawah Lintasan 1 tidak menunjukkan adanya intrusi air laut. Faktor yang menyebabkan intrusi air laut tidak teridentifikasi pada Lintasan 1 karena terdapat susunan litologi berupa batu pasir lempung. Lapisan tersebut dikategorikan sebagai formasi endapan alluvium. Formasi alluvium memiliki permeabilitas yang rendah dengan porositas besar (Dharmawan and Purnama, 2018). Hal ini menyebabkan hambatan ketika terjadi proses infiltrasi fluida ke dalam tanah. Lapisan lempung pada formasi endapaan aluvium mempunyai sifat impermeabel sehingga tidak mampu meloloskan fluida (Putra and Malik, 2021).

3.2 Lintasan 2

Lintasan 2 merupakan lintasan yang sejajar garis pantai sepanjang 100 m. Pada meter ke 10 terdapat perpotongan dengan Lintasan 1. Pada Lintasan 2 terdapat sumur dengan kedalaman 4 m terletak 76 m dari elektroda pertama. Berdasarkan Gambar 3, lapisan atas berwarna biru tua pada pojok kiri atas hingga tengah lintasan dengan nilai resistivitas 47,4-156 Ωm dan diikuti lapisan biru muda dengan nilai resistivitas 157-515 Ωm diduga sebagai batu pasir lempung dan material pasir dan kerikil yang mengandung air tawar (Telford dkk., 1990). Pada lapisan tersebut ditemukan air yang dijadikan sumur dengan kedalaman 4-5 meter oleh masyarakat. Pada lapisan berwarna hijau sampai warna oranye muda dengan nilai resistivitas berturut-turut 516-1.698 Ωm 1.699-5.680 Ωm dan 5.681 - 18.467 Ωm diduga sebagai material lapisan pasir (Telford *et al.*, 1990). Lapisan pasir tersebut berada pada kedalaman kedalaman 5-8 meter. Lapisan berwarna oranye tua hingga ungu dengan nilai resistivitas dengan nilai resistivitas 18.468-200.809 Ωm diduga granit (Telford dkk., 1990). Lapisan ini mendominasi mulai dari kedalaman 8-19,2 meter. Lapisan dengan nilai resistivitas besar menandakan bahwa lapisan tersebut memiliki porositas yang kecil, semakin kecil porositas nilai resistivitas semakin besar (Syukri, 2020).

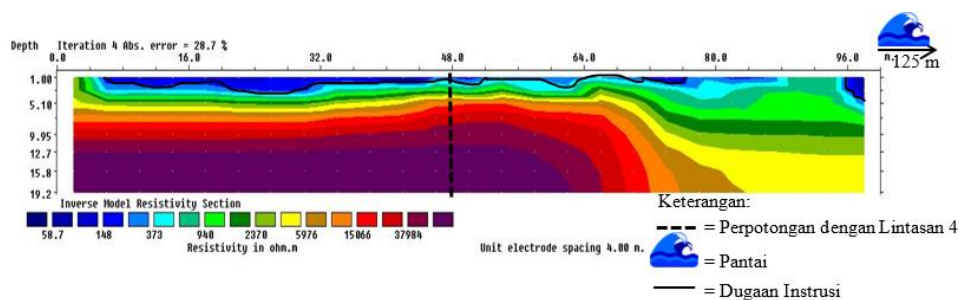


Gambar 3 Penampang Lintang Resistivitas Lintasan 2

Pada lapisan di bawah Lintasan 2 tidak teridentifikasi intrusi air laut. Faktor penyebab intrusi air laut tidak teridentifikasi dikarenakan nilai resistivitas setiap lapisan yang besar, dimana nilai resistivitas air tercampur air asin 0,5-5 Ωm (Telford dkk., 1990). Ketika nilai resistivitas meningkat maka akan menurunkan jumlah air dalam mengalirkan arus (Husaini dkk., 2018). Faktor lain yang menyebabkan intrusi air laut tidak teridentifikasi adalah terdapat pemecah ombak disepanjang garis pantai setiap 70 m yang berfungsi mencegah terjadinya abrasi yang dapat menyebabkan area pantai berkurang sehingga air laut dapat merembes ke akuifer. Adanya pemecah ombak akan mengurangi masuknya air laut ke akuifer yang dapat memicu terjadi intrusi air laut, dimana salah satu penyebab intrusi air laut dapat melalui rembesan sungai, rawa dan cekungan lainnya. Lintasan 1 dan 2 disimpulkan tidak terintrusi air laut.

3.3 Lintasan 3

Lintasan 3 berposisi di Pantai Balai Naras. Jarak Lintasan 3 dari bibir pantai 125 meter. Lintasan 3 berpotongan dengan Lintasan 4 pada meter ke 48. Berdasarkan Gambar 4, lapisan berwarna biru tua dengan kedalaman 5 m memiliki nilai resistivitas berturut-turut 58,7-148 Ωm diduga sebagai pasir dan kerikil yang mengandung air tawar (Telford dkk., 1990). Lapisan biru muda dengan nilai resistivitas 149–373 Ωm diduga sebagai lapisan pasir dan kerikil (Telford dkk., 1990). Lapisan berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan nilai resistivitas 374–940 Ωm juga diduga sebagai lapisan pasir dan kerikil (Telford dkk., 1990). Lapisan dengan nilai resistivitas 941-2.370 Ωm diduga sebagai pasir dan kerikil kering (Telford dkk., 1990) dengan kedalaman 8 meter. Lapisan selanjutnya dengan nilai resistivitas 2.370-5.976 Ωm merupakan batuan gamping. Lapisan dengan nilai resistivitas 5.976 – 37.984 Ωm yang ditunjukkan pada lapisan berwarna merah hingga ungu diduga sebagai batuan granit (Telford dkk., 1990). Lapisan ini memiliki ketebalan 7 meter.

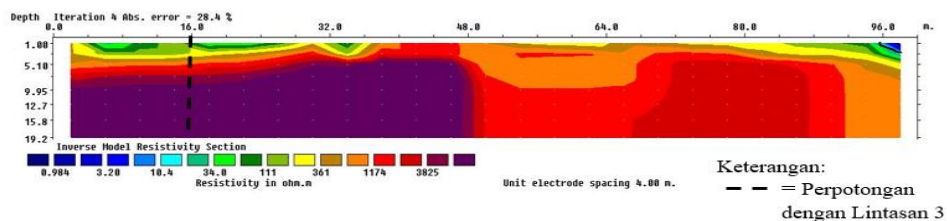


Gambar 4 Penampang Lintang Resistivitas Lintasan 3

Lintasan 3 diduga belum menunjukkan indikasi awal terjadinya intrusi air laut. Hal ini dikarenakan nilai resistivitas yang besar setiap lapisan. Lapisan yang menunjukkan telah terintrusi berdasarkan Tabel Telford (1990) memiliki nilai resistivitas kecil sekitar 0,5-5 Ωm . Nilai resistivitas yang besar menandakan bahwa tidak terdapat kandungan salinitas pada suatu material batuan (Syukri, 2020).

3.4 Lintasan 4

Lintasan 4 menunjukkan hasil penampang bawah permukaan sejajar garis pantai. Kedalaman pada penampang bawah permukaan ini 19,2 m dengan bentang lintasan 100 m. Titik potong Lintasan 4 dengan Lintasan 3 terjadi pada meter ke 16. Pada Gambar 5 dapat dilihat penampang lintang Lintasan 4 ini didominasi oleh lapisan berwarna oranye kemerahan pada sisi kanan dan ungu pada sisi kiri dengan nilai resistivitas 1.175 – 3.825 Ωm . Lapisan ini diduga sebagai batuan pasir dan kerikil kering (Telford dkk., 1990). Lapisan batuan granit pada sisi kiri memiliki ketebalan mencapai 12 meter. Pada pojok kanan atas terdapat lapisan dengan nilai resistivitas 0,984 – 10,4 Ωm diduga sebagai pasir dan kerikil yang mengandung air asin (Telford dkk., 1990). Pada pojok kiri atas terdapat lapisan berwarna hijau muda hingga kuning dengan nilai resistivitas sebesar 10,5–361 Ωm diduga sebagai lapisan pasir (Telford dkk., 1990).



Gambar 5 Penampang Lintang Resistivitas Lintasan 4

Indikasi awal intrusi air laut pada Lintasan 4 ini ditunjukkan pada lapisan berwarna biru dengan nilai resistivitas 0,984 – 3,2 Ωm pada kedalaman 4 meter. Hal ini juga didukung dengan ditemukannya air sumur disekitar lintasan dengan nilai konduktivitas 271 $\mu\text{mho/cm}$ pada kedalaman sumur 4 meter yang diklasifikasikan sebagai intrusi sedang (Davis and Wiest, 1996). Faktor lain

dikarenakan susunan litologi perlapisan berupa lapisan pasir dan kerikil yang memiliki porositas besar dan permeabilitas besar. Santoso (2013) mengatakan bahwa batuan pasir dan kerikil merupakan batuan yang mudah ditembus oleh air laut. Kesimpulan dari identifikasi intrusi air laut Lintasan 4 telah terintrusi.

3.5 Hasil Pengukuran Kadar pH dan Konduktivitas Listrik Sampel Air Sumur

3.5.1 Konduktivitas Listrik

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat nilai konduktivitas listrik pada Lintasan Pantai Ampalu menunjukkan nilai konduktivitas listrik yang bervariasi ada yang kecil dari 200 $\mu\text{mho/cm}$ bahkan ada yang besar dari 200 $\mu\text{mho/cm}$. Hal ini menandakan bahwa kandungan garam terlarut bervariasi untuk setiap sampel, dimana sampel dengan konduktivitas listrik tinggi menandakan kadar garam terlarut juga banyak sehingga dapat dikatakan air tersebut telah terintrusi air laut. Pada wilayah di Pantai Ampalu menunjukkan bahwa hanya Sampel 1.2 yang terletak 75 meter dari pantai memiliki nilai konduktivitas 244 $\mu\text{mho/cm}$. Hal ini tidak sinkron dengan hasil penampang resistivitas, dikarenakan dugaan adanya campuran senyawa lain seperti air sabun pada sampel air. Hal ini dikarenakan sampel sampel tersebut diambil tidak langsung dari sumur melainkan air sumur yang sudah tertampung disuatu wadah. Air sabun merupakan larutan elektrolit yang memiliki ion bebas bergerak. Semakin bebas ion bergerak maka semakin besar menghantarkan listrik (Putri, 2019).

Pada Lintasan di Pantai Balai Naras menunjukkan nilai konduktivitas listrik Sampel 2.3 sebesar 271 $\mu\text{mho/cm}$ diklasifikasikan telah terintrusi sedang (Davis and Wiest, 1996). Intrusi air laut ini terjadi pada kedalaman 4 meter. Namun, dikarenakan sampel yang terdekat tidak terdeteksi intrusi hal ini bisa menandakan bahwa Sampel 2.3 terindikasi intrusi karena faktor alam seperti air fosil atau air laut yang terjebak pada masa lampau yang bersifat alami dan statis (Purnama, 2020). Faktor lain dikarenakan wilayah tersebut telah banyak melakukan pembangunan yang dapat menyebabkan muka air tanah menurun dan pembangunan lebih padat di tengah dibandingkan di tepi pantai. Berdasarkan hasil uji sampel disimpulkan bahwa pada Lintasan Pantai Ampalu hanya menunjukkan tanda awal air laut telah mempengaruhi salah satu air sumur (air tanah) dan Pantai Balai Naras dikategorikan terintrusi.

Tabel 1 Jarak Pengambilan Sampel dan Hasil Pengukuran Sampel Air Sumur Penduduk

Pantai	Sampel	pH	Konduktivitas Listrik ($\mu\text{mho/cm}$)	Kedalaman Sumur (m)	Jarak (m)
Ampalu	1.1	6,45	199	4	30
	1.2	6,14	244	5	75
	1.3	6,91	100	4	160
	1.4	6,64	69	5	210
Balai Naras	2.1	7,11	102	4	42
	2.2	7,39	115	4	115
	2.3	6,78	271	4	155
	2.4	6,90	168	4	250

3.5.2 pH

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat nilai pH di Pantai Ampalu tergolong netral. Namun, pada Sampel 1.2 didapatkan nilai rendah yaitu, pH 6,14. Nilai pH yang lebih kecil dari 6,5 ini bersifat asam. Air laut yang semula bersifat basa ketika merembes masuk kedalam akuifer dan bercampur dengan air tanah maka air tanah tersebut akan bersifat asam. Hal ini menandakan bahwa air tanah tersebut telah terintrusi oleh air laut. Air yang bersifat asam memiliki ion hidrogen berlebih yang menyebabkan senyawa kimia air tawar dapat berubah menjadi racun bagi kesehatan (Indriastoni, 2014). Nilai pH yang rendah akan meningkatkan korosifitas pada benda logam dan rasa tidak enak pada air. Hal ini dikarenakan ion yang dihasilkan semakin banyak sehingga akan semakin kecil pH.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penampang lintang resistivitas untuk setiap lintasan. Lintasan 1, Lintasan 2 dan Lintasan 3 tidak menunjukkan terjadi intrusi air laut dikarenakan nilai resistivitas yang besar

menandakan bahwa sedikitnya air yang bersalinitas pada material batuan. Lintasan 4 menunjukkan indikasi awal terjadi intrusi dengan nilai resistivitas 0,984 – 3,2 Ω m pada kedalaman 4-5 meter. Hal ini juga didukung dengan nilai konduktivitas listrik sampel melebihi 200 μ mho/cm dan pH sampel menurun yaitu 271 μ mho/cm dan pH 6,78.

DAFTAR PUSTAKA

- Astutik, P., Wahyono, S.C. and Siregar, S.S. (2016), "Identifikasi intrusi air laut menggunakan metode geolistrik di Desa Kampung Baru, Tanah Bumbu", 'Lambung Mangkurat University Press.
- Darmawansa, Wahyuni, N. and Rahayu, D. (2014), "Desalinasi air payau dengan media adsorben zeolit di daerah pesisir pantai kecamatan sungai kunyit Kabupaten Mempawah", *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 2 No. 1.
- Darwis, H. (2018), "Pengelolaan Air Tanah", *Pena Indis, Yogyakarta*.
- Davis, S.N. and Wiest. (1996), *Hydrogeology*, John Wiley & Sons, New York.
- Dharmawan, P. and Purnama, I.L.S. (2018), "Analisis Karakteristik dan Potensi Akuifer Kecamatan Purworejo Kabupaten Purworejo dengan Metode Vertical Electrical Sounding (Ves)", *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 7 No. 1.
- Hakim, H. and Manrulu, R.H. (2016), "Aplikasi Konfigurasi Wenner dalam Menganalisis Jenis Material Bawah Permukaan", *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, Vol. 5 No. 1, pp. 95–103.
- Husaini I A, Rizki and Luthfi. (2018), *Hubungan Porositas Dan Resistivitas*, Surabaya.
- Indriastoni, R.N. (2014), "Intrusi Air Laut Terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal di Kota Surabaya", *Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 3 No. 3/rekat/14.
- Ismawan, M.F. (2016), "Kajian intrusi air laut dan dampaknya terhadap masyarakat di pesisir Kota Tegal", *Geo-Image*, Vol. 5 No. 1.
- Ondara, K., Rahmawan, G.A. and Pitri, Y.A. (2018), "Kerentanan Pesisir Kota Pariaman, Sumatera Barat Menggunakan Pemodelan Numerik Hidro-Oseanografi", *Prosiding Seminar Nasional Kelautan Dan Perikanan IV*, pp. 13–24.
- Pujianiki, N.N. and Simpen, I.N. (2018), "Aplikasi Geolistrik pada Pemetaan Daerah Intrusi Air Laut di Pantai Candidasa", *Media Komunikasi Teknik Sipil*, Department of Civil Engineering, Diponegoro University, Vol. 24 No. 1, pp. 29–34.
- Purnama, S. (2020), *Air Tanah Dan Intrusi Air Laut*, Penerbit PT Kanisius, Yogyakarta.
- Putra, D. and Malik, U. (2021), "Identifikasi litologi bawah permukaan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole di wisata Hapanasan Desa Pawan Kabupaten Rokan Hulu", *Komunikasi Fisika Indonesia*, Vol. 18 No. 2, pp. 106–110.
- Putri, A.R. (2019), "KANDUNGAN LISTRIK PADA LIMBAH AIR DETERGEN DENGAN MENGGUNAKAN REAKSI SEL VOLTA", *JUPI*, Vol. 4 No. 2, pp. 132–138.
- Santoso, T., Piyantari, N. and Hiskiawan, P. (2013), "Pendugaan Intrusi Air Laut Dengan Metode Geolistrik Resistivitas 1D Di Pantai Payangan Desa Sumberejo Jember", *Berkala Sainstek*, Vol. 1 No. 1, pp. 17–19.
- Solihuddin, T. (2011), "Karakteristik pantai dan proses abrasi di pesisir Padang Pariaman, Sumatera Barat", *Majalah Ilmiah Globe*, Vol. 13 No. 2.
- Syukri, M. (2020), *Dasar-Dasar Metode Geolistrik*, Syiah Kuala University Press, Banda Aceh.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E. (1990), *Applied Geophysics*, Cambridge University, New York.
- Wardhana, R.R., Warnana, D.D. and Widodo, A. (2017), "Identifikasi Intrusi Air Laut Pada Air Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D Studi Kasus Surabaya Timur", *Jurnal Geosaintek*, Vol. 3 No. 1, pp. 17–22.