

# IDENTIFIKASI AIR LAUT TERHADAP AIR TANAH MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI KELURAHAN MUNDAM KOTA DUMAI

**Mei Saroh, Usman Malik\***  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [usman.malik@lecturer.unri.ac.id](mailto:usman.malik@lecturer.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Seawater intrusion has a serious impact on the availability of clean water for the population. Indications of seawater intrusion in several locations in Mundam Village, Dumai City are shown by fluctuations in resident well water from fresh water to brackish water to salt water. This study aims to determine the seawater intrusion zone that occurs using the geoelectric method of the Schlumberger configuration in Mundam Village, Dumai City and to determine the water quality around the research area using several parameters, namely pH, salinity, total dissolved solid, and Turbidity. 1D data processing is carried out with progress software and a 1D cross-sectional model is obtained. This research was conducted on 2 tracks with a distance of 100 meters for each track. The results of the inversion using progress software can be seen that seawater intrusion occurs on line 1, the resistivity value is  $0.46 \Omega\text{m}$  with a depth of 14.74 – 22 m. Line 2 no longer contains seawater because the distance is more than 1 km from the coast. The depth of groundwater on track 2 is 15.09 – 22 m with a resistivity value of  $1.59 \Omega\text{m}$  so that at a distance of more than 1 km from the coast it is very good for residents to use drilled wells to get water suitable for consumption.*

**Keywords:** Seawater Intrusion, Geoelectrics, Schlumberger, Water Quality.

## ABSTRAK

*Intrusi air laut memiliki dampak yang serius terhadap ketersediaan air bersih bagi penduduk. Indikasi intrusi air laut di beberapa lokasi di Kelurahan Mundam Kota Dumai ditunjukkan oleh fluktuasi air sumur penduduk dari air tawar menjadi air payau hingga air asin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui zona intrusi air laut terjadi dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Mundam Kota Dumai dan menentukan kualitas air di sekitar daerah penelitian tersebut dengan menggunakan beberapa parameter yaitu pH, salinitas, total dissolved solid, dan Kekeruhan. Pengolahan data 1D dilakukan dengan software progress dan didapatkan model penampang 1D. Penelitian ini dilakukan pada 2 lintasan dengan jarak masing-masing lintasan yaitu 100 meter. Hasil inversi menggunakan software progress dapat dilihat intrusi air laut terjadi pada lintasan 1 diperoleh nilai resistivitas  $0,46 \Omega\text{m}$  dengan kedalaman 14,74 – 22 m. Lintasan 2 tidak lagi terdapat kandungan air laut karena jarak lebih dari 1 km dari pesisir pantai. Kedalaman air tanah pada lintasan 2 yaitu 15,09 – 22 m dengan nilai resistivitas  $1,59 \Omega\text{m}$  sehingga pada jarak lebih dari 1 km dari pesisir pantai sangat baik digunakan oleh warga pada pembuatan sumur bor untuk mendapatkan air yang layak untuk dikonsumsi.*

**Kata kunci:** Intrusi Air Laut, Geolistrik, Schlumberger, Kualitas Air.

Diterima 13-12-2022 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

## PENDAHULUAN

Kelurahan Mundam adalah daerah yang memiliki banyak destinasi pantai, sehingga banyak masyarakat yang bermata pencaharian

sebagai nelayan. Kelurahan Mundam sebagian besar berupa dataran rendah yang landai, sehingga jenis tanah yang mendominasi di daerah Mundam yaitu tanah gambut [1-3].

Air laut yang menyusup ke air tanah merupakan masalah yang lazim terjadi di wilayah pesisir. Air bersih yang tercemar oleh air laut ini menjadi masalah yang sampai sekarang masih menjadi dilema karena air bersih tersebut menjadi tidak dapat untuk dikonsumsi. Kerusakan air tanah di lokasi pantai ditandai dengan air yang tidak bersih dan berasa asin. Intrusi air laut menyebabkan lapisan tidak layak untuk diminum, kedalaman air tanah harus dipahami [4,5]. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi adanya air laut yang menyusup kedalam air bawah tanah. Metode untuk mengidentifikasi air laut terhadap air tanah adalah dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Prinsip kerja metode ini yaitu dua elektroda arus diinjeksikan ke dalam tanah dan kemudian pengukur resistivitas digunakan untuk mengukur nilai tegangan melalui dua elektroda potensial. Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mendeteksi lapisan permukaan bawah tanah secara vertikal. Metode ini memiliki penetrasi arus lebih dalam dan cara kerja yang mudah [6].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Intrusi Air Laut

Air laut yang menyusup atau menembus ke celah – celah suatu batuan dapat menyebabkan air menjadi payau atau asin dan dapat mencemari kandungan air tanah [7]. Semakin banyak air tanah yang diambil, maka semakin lama pula proses intrusi yang dapat dilakukan. Intrusi air laut memiliki berbagai efek pada keberadaan manusia, termasuk masalah kesehatan dan kesuburan tanah berkurang. Intrusi air laut paling sering terjadi pada akuifer pantai. Ketika permukaan air tanah di akuifer air tawar turun di bawah permukaan laut normal, air asin akan mendorong air tawar menuju daratan.

Secara umum, intrusi air asin terjadi di perkotaan sebagai akibat dari terlalu banyak orang yang mengkonsumsi air tanah tanpa memberikan umpan balik yang memadai untuk

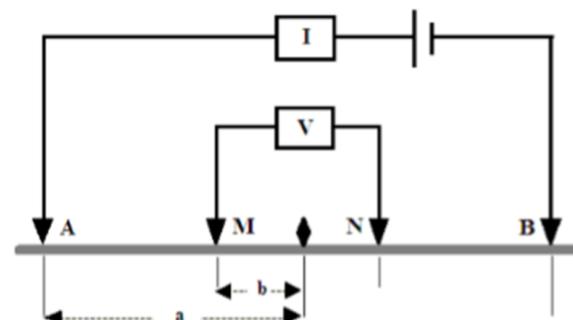
regenerasi air tanah. Kualitas air tanah menurun akibat intrusi air laut. Air tanah yang sebelumnya dapat digunakan untuk keperluan minum tidak lagi layak [8].

### Metode Geolistrik

Geolistrik digunakan untuk mempelajari sifat aliran listrik di dalam bawah permukaan tanah. Metode geolistrik dapat mendeteksi adanya arus, beda potensial, dan medan elektromagnetik baik secara alami ataupun sebagai akibat dari injeksi arus ke dalam bumi. Potensi diri, polarisasi induksi, dan pendekatan resistivitas (resistensi spesifik) adalah metode geolistrik yang paling terkenal [6].

### Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger memiliki dua elektroda arus dan dua elektroda potensial. Elektroda potensial berada dibagian dalam, sedangkan elektroda arus berada dibagian luar. Elektroda dipisahkan oleh jarak yang di simbolkan dengan (a). Pada perancangan ini, elektroda potensial MN memiliki nilai yang lebih rendah dari elektroda arus AB. Elektroda arus keluar digerakkan untuk melakukan pengukuran. Konfigurasi Schlumberger hanya memerlukan jangkauan yang kecil. Jarak elektroda MN tetap sedangkan jarak elektroda AM sama dengan NB. Berikut konfigurasi Schlumberger dengan susunan elektroda yang diperlihatkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Rangkaian elektroda konfigurasi Schlumberger [9].

Nilai resistivitas semu dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Maka faktor geometri dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = \frac{\pi (AB^2 - MN^2)}{4 MN} \quad (2)$$

### Kualitas Air Tanah

Kualitas air dapat ditentukan berdasarkan pengujian khusus pada air. Pengujian dapat dilakukan secara kimia, fisika, biologi, atau penampakan (bau dan warna). Pengujian kualitas air merupakan suatu upaya untuk menjaga air agar kualitas air yang diinginkan tercapai sesuai dengan kegunaannya. Seperti yang kita ketahui bahwa kualitas air di berbagai sumber tentu saja berbeda-beda. Hal ini tergantung pada aktivitas manusia dan kondisi lingkungan. Air yang bebas dari mikroorganisme, kekeruhan, bahan kimia atau zat, rasa, dan bau merupakan air yang memenuhi standar kesehatan. Berdasarkan Permenkes dan WHO batasan air minum tidak boleh berbau atau berasa tidak enak [10].

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Mundam Kota Dumai dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. *software progress v3.0* digunakan untuk melakukan pengolahan data dalam menentukan penampang resistivitas yang menampilkan lapisan bawah permukaan tanah. Penelitian ini mengambil tiga sampel air sumur warga dan akan di uji parameter pH, salinitas, kekeruhan, dan, *total dissolved solid* (TDS) untuk mengetahui kualitas air.

Metode konfigurasi Schlumberger 1D adalah metode yang digunakan dalam pengambilan data dilapangan. Pengambilan data terjadi pada tempat-tempat yang telah ditentukan sebelumnya untuk melakukan penelitian. Pada setiap tempat terdapat grid yang disusun dalam bentuk rute yang telah

ditentukan sebelumnya. Jumlah jalur pengukuran pada setiap grid adalah dua, dengan masing-masing grid terdiri dari dua bagian dengan panjang 100 meter yang tersebar di lokasi yang berbeda. Daerah ini dipilih karena menurut pengamatan lapangan, terdapat individu yang memanfaatkan sumber air minum, dan lokasinya kurang lebih 1 km dari pantai.

### Pengambilan Sampel Air Sumur Warga

Sampel air sumur diambil dari rumah-rumah Warga Kelurahan Mundam Kota Dumai. Pengambilan sampel dilakukan dengan titik koordinat yang berbeda sebanyak tiga titik sampel. Air baku diambil sebanyak 800 ml menggunakan botol air mineral pada tiap titik sampel. Sampel tersebut akan di uji dengan empat parameter yaitu pH, salinitas, kekeruhan, dan TDS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

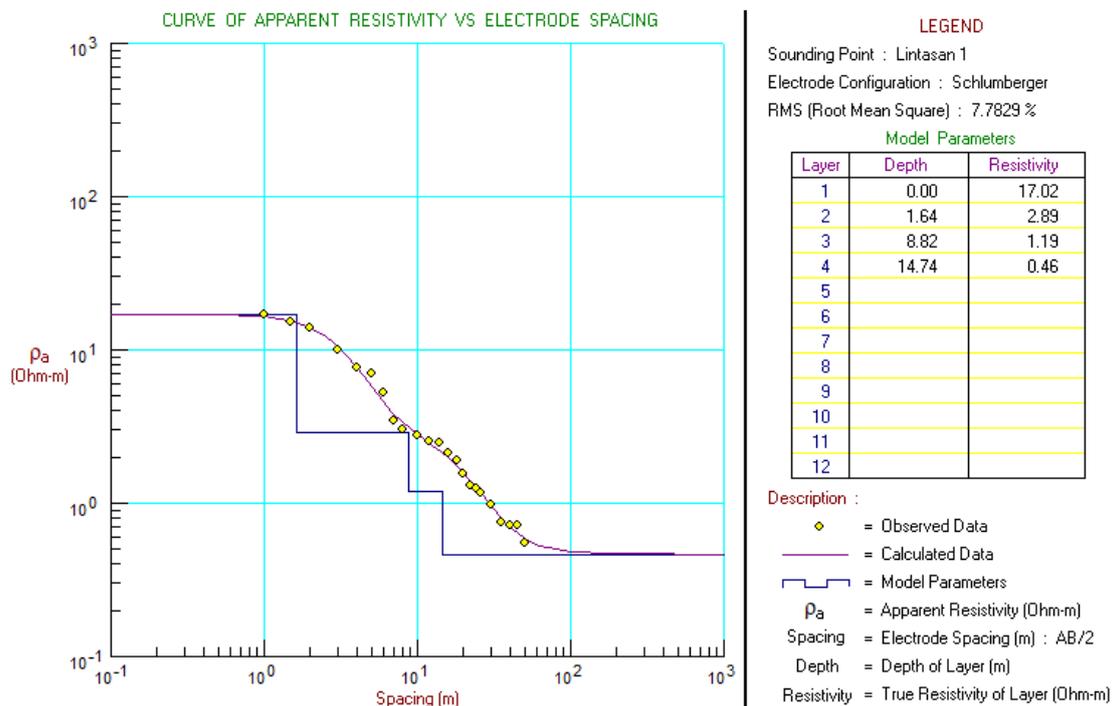
### Resistivitas dan Litologi Lintasan 1

Lintasan 1 terletak pada titik koordinat 1°39'43,02" Lintang Utara 101°29'48,87" Bujur Timur sepanjang 100 meter. Pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 500 meter dari tepi pantai. Hasil perhitungan dan pengolahan data konfigurasi Schlumberger menggunakan *software Progress v3.0* didapatkan nilai RMS-error sebesar 7,7829% dengan kedalaman lapisan dapat dilihat pada *software progress* hingga 22 meter dan Gambar 2 memperlihatkan distribusi nilai resistivitas jenis batuan di bawah permukaan tanah di sepanjang lintasan 1. Metode geolistrik konfigurasi Schlumberger digunakan untuk mengukur nilai resistivitas pada lintasan 1 yang menimbulkan beda potensial (V) dan arus listrik (I). Berikut Hasil Pengolahan data pada lintasan 1 dapat dilihat pada Gambar 2.

Lintasan 1 terdiri dari 4 lapisan. Lapisan pertama mempunyai nilai resistivitas 17,02 Ωm dari permukaan sampai kedalaman 1,64 meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung.

Lapisan kedua mempunyai nilai resistivitas 2,89  $\Omega\text{m}$  dengan kedalaman 1,64 – 8,82 meter diinterpretasikan sebagai lapisan lempung berpasir. Lapisan ketiga mempunyai nilai resistivitas 1,19  $\Omega\text{m}$  dengan kedalaman 8,82 – 14,74 meter diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan keempat mempunyai nilai resistivitas 0,46  $\Omega\text{m}$  dengan kedalaman 14,74 – 22 meter diinterpretasikan sebagai air payau. Berdasarkan hasil lintasan 1 air laut dapat menyusup ke air tanah yang disebabkan oleh

zona penelitian yang dilakukan 500 meter dari tepi pantai. Hal ini dipengaruhi oleh faktor jarak dari garis pantai, jarak pengukuran apabila semakin mendekati bibir pantai maka akan menghasilkan nilai resistivitas yang rendah dan begitu sebaliknya yaitu apabila jarak pengukuran semakin menjauhi bibir pantai maka akan menghasilkan nilai resistivitas yang besar. Informasi mengenai kedalaman, ketebalan, resistivitas dan jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Interface progress hasil pengolahan data lintasan 1.

Tabel 1. Interpretasi data lintasan 1.

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Jenis Batuan
1	0 – 1,64	1,64	17,02	Lempung
2	1,64 – 8,82	7,18	2,89	Lempung berpasir
3	8,82 – 14,74	5,92	1,19	Pasir
4	14,74 – 22	7,26	0,46	Air payau

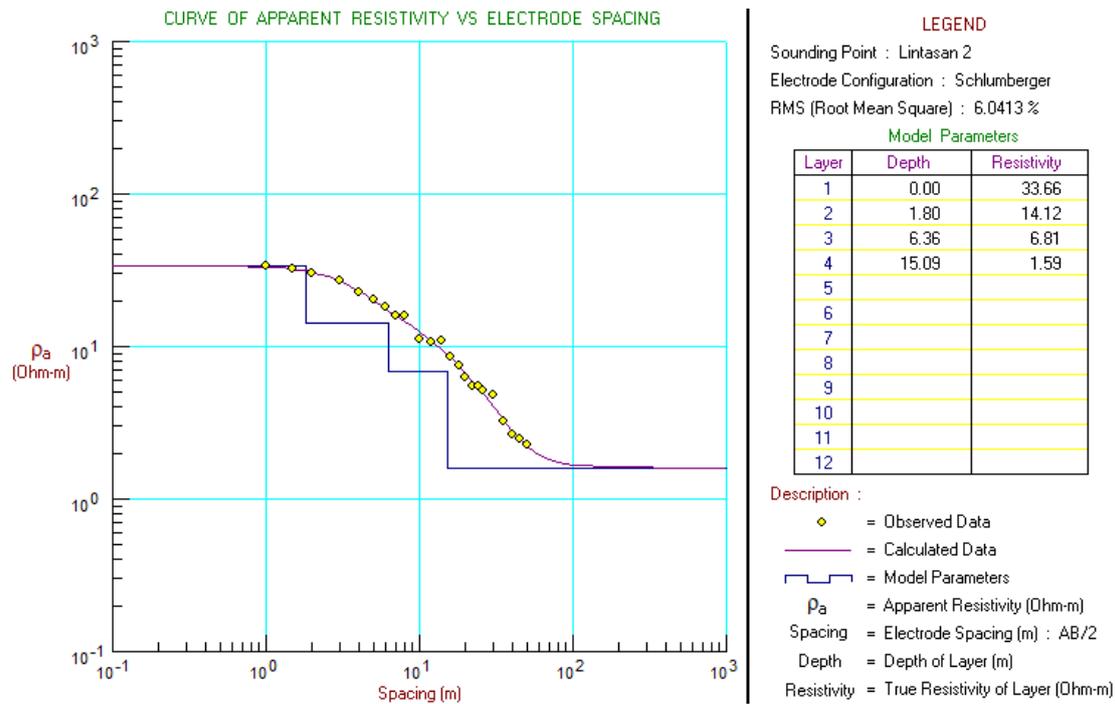
### Resistivitas dan Litologi Lintasan 2

Lintasan 2 terletak pada titik koordinat 1°39'20,88" Lintang Utara 101°29'40,47" Bujur Timur sepanjang 100 meter. Pengambilan data dilakukan pada jarak sekitar 1300 meter dari tepi pantai dan 800 meter dari lintasan 1. Hasil perhitungan dan pengolahan data konfigurasi Schlumberger menggunakan *software Progress*

v3.0 didapatkan nilai RMS-error sebesar 6,0413% dengan kedalaman lapisan dapat dilihat pada *software progress* hingga 22 meter dan Gambar 3 memperlihatkan distribusi nilai resistivitas jenis batuan di bawah permukaan tanah di sepanjang lintasan 2. Berikut hasil pengolahan data pada lintasan 2 dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3. lapisan bawah permukaan lintasan 2 memiliki nilai resistivitas ini berkisar antara 11,07 – 0,10  $\Omega\text{m}$ . Lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 11,07  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 0 – 3,12 meter sebagai lapisan lempung. Lapisan kedua dengan nilai resistivitas 6,68  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 3,12 – 7,22 meter sebagai lapisan pasir. Lapisan ketiga

dengan nilai resistivitas 3,53  $\Omega\text{m}$  terdampak oleh intrusi air laut pada kedalaman 7,22 – 13,42 meter. Lapisan keempat dengan nilai resistivitas 0,10  $\Omega\text{m}$  pada kedalaman 13,42 – 20 meter merupakan lapisan pasir yang mengandung air laut. Informasi mengenai kedalaman, ketebalan, resistivitas dan jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 3.** Interface progress hasil pengolahan data lintasan 2.

**Tabel 2.** Interpretasi data lintasan 2.

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ohm-meter)	Jenis Batuan
1	0–1,80	1,80	33,66	Lempung
2	1,80–6,36	4,56	14,12	Lempung berpasir
3	6,36–15,09	8,73	6,81	Pasir
4	15,09–22	6,91	1,59	Air tanah

### Analisis Parameter Uji Kualitas Air

Pengambilan sampel air tanah dilakukan di tiga titik lokasi. Sampel tersebut di uji dengan

empat parameter yaitu pH (Tabel 3), salinitas (Tabel 4), kekeruhan (Tabel 5), dan TDS (Tabel 6). Hasil kualitas air berdasarkan parameter tersebut dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

**Tabel 3.** Hasil analisis kualitas air berdasarkan pH dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	pH	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	7,5	6,5 – 9,0 (PERMENKES RI No. 416/MENKES/PER/IX/1990)
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	7,0	
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	6,7	

**Tabel 4.** Hasil analisis kualitas air berdasarkan salinitas dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	Salinitas (%)	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	0,09	Air tawar < 0,05%
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	0,07	Air payau 0,05% – 3%
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	0,04	Air laut > 5%

**Tabel 5.** Hasil analisis kualitas air berdasarkan salinitas dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	Kekeruhan (NTU)	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	3	Maksimal 25 NTU (PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010)
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	3	
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	3	

**Tabel 6.** Hasil analisis kualitas air berdasarkan TDS dan baku mutu.

Kode Sampel	Titik Koordinat	TDS (mg/L)	Baku Mutu
1	1°39'41,28" LU 101°29'51,21" BT	1148	Maksimal 25 NTU (PERMENKES RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010)
2	1°39'33,68" LU 101°29'42,47" BT	1536	
3	1°39'17,97" LU 101°29'36,53" BT	0,54	

### Analisis pH

Hasil sampel ditunjukkan pada Tabel 3 yang dianalisis menggunakan pH meter menghasilkan pH pada satu sampel bersifat basa ( $\text{pH} > 7$ ), menghasilkan satu sampel yang bersifat netral ( $\text{pH} = 7$ ), dan menghasilkan satu sampel yang bersifat asam ( $\text{pH} < 7$ ). Peta Kontur pH dapat dilihat pada Gambar 4.

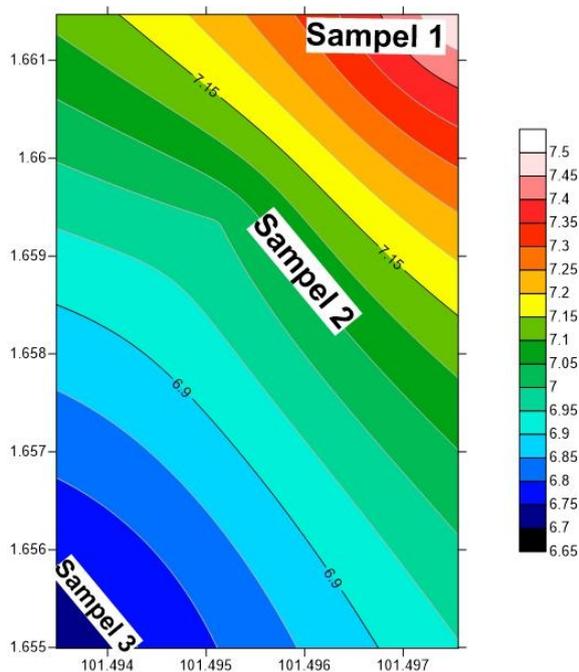
Peta kontur diatas memperlihatkan dengan jelas perbedaan antara lokasi dengan tingkat pH tinggi dan rendahnya. Lokasi dengan sampel yang memiliki pH tinggi ditandai dengan warna putih sedangkan lokasi dengan sampel pH rendah berwarna biru tua. Oleh karena itu, semakin gelap warna pada peta kontur memperlihatkan semakin rendah nilai pH yang dihasilkan. Semakin jauh jarak pengambilan sampel dari tepi pantai maka nilai pH yang didapatkan semakin kecil. Perlu diperhatikan

bahwa gangguan saluran pencernaan atau pun juga dapat mengakibatkan kematian pada makhluk hidup termasuk manusia dapat diakibatkan karena mengonsumsi air yang memiliki nilai pH yang rendah dalam waktu yang berkepanjangan.

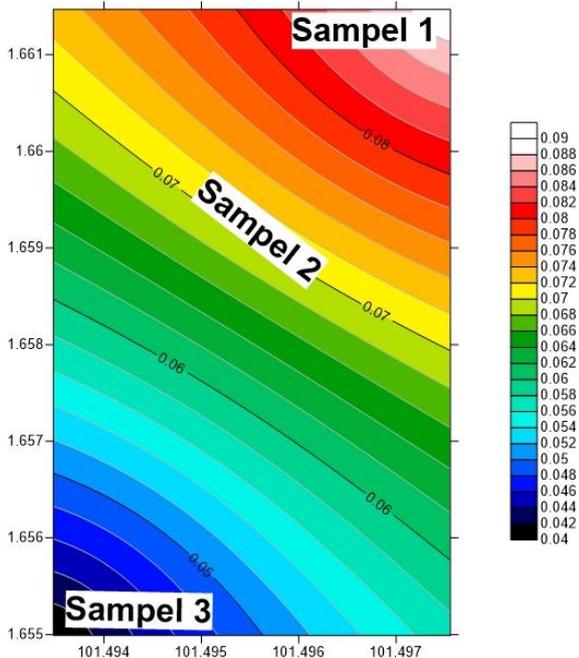
### Analisis Salinitas

Kualitas air tanah dapat ditentukan dengan beberapa variabel yaitu salah satunya adalah dengan menggunakan variabel salinitas. Kadar garam yang terlarut dalam air dapat menentukan kualitas air tanah ataupun air yang ada dibawah permukaan. Baku mutu kualitas air tanah berdasarkan salinitasnya yaitu air dengan nilai salinitas < 0,05%, dikatakan air tanah, air dengan nilai salinitas 0,05% – 3% dikatakan air payau, air dengan nilai 3% – 5% dikatakan sebagai air saline, dan air dengan nilai salinitas

> 0,05% dikatakan air asin. Menurut teori ini, sampel 1 dan 2 termasuk air payau dan sampel 3 termasuk air tanah. Peta kontur salinitas dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta kontur pH.



Gambar 5. Peta kontur salinitas.

Peta kontur pada Gambar 5 memperlihatkan dengan jelas perbedaan lokasi dengan sampel yang memiliki nilai salinitas terendah maupun lokasi dengan sampel yang memiliki nilai salinitas tertinggi. Lokasi yang memiliki

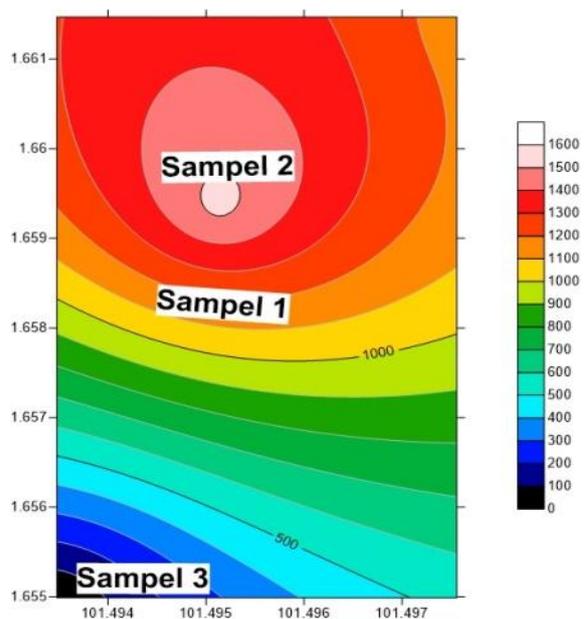
salinitas tinggi ditandai dengan warna putih dan salinitas rendah berwarna hitam. Oleh karena itu, semakin gelap warna pada peta kontur memperlihatkan semakin rendah nilai salinitas yang dihasilkan.

### Analisis Kekeruhan

Air yang didalamnya mengandung banyak partikel atau material-material yang tersuspensi sehingga membuat air menjadi tidak jernih dapat dikatakan air tersebut sudah keruh. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa tingkat kekeruhan air tergolong rendah. Ketiga sampel air sumur warga memiliki nilai kekeruhan yang sama yaitu 3 NTU.

### Analisis TDS

TDS atau jumlah zat padat yang terlarut pada air. Salah satu contoh air yang dapat membayakan kesehatan adalah air yang berasa. Selain itu air yang berbau tidak sedap juga tidak baik untuk kesehatan. Apabila air memiliki nilai TDS yang tinggi itu dapat menandakan bahwa air tersebut memiliki dampak yang negatif dengan beberapa parameter untuk kualitas air yang bisa mengembangkan toksisitas yang terdapat pada suatu organisme yang ada pada air minum.



Gambar 6. Peta kontur TDS.

Peta kontur TDS ditunjukkan pada Gambar 6. Lokasi yang memiliki TDS tinggi ditandai dengan warna putih. Untuk TDS rendah berwarna hitam. Data pada Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran nilai rata-rata padat yang terlarut pada sumur warga yang tertinggi yaitu 1536 mg/L dan yang terendah 0,54 mg/L. Oleh karena itu, semakin gelap warna pada peta kontur memperlihatkan semakin rendah nilai TDS yang dihasilkan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi data pengukuran untuk lintasan 1 nilai resistivitas berkisar antara 17,02 – 0,46  $\Omega$ m dengan kedalaman 22 meter dan RMS-error sebesar 7,7829%. Lintasan 2 memiliki nilai resistivitas lapisan tanah berkisar antara 33,66 – 1,59  $\Omega$ m dengan kedalaman mencapai 22 meter dan RMS-error sebesar 6,0413%. Pada lintasan 1 air laut yang menyusup ke air tanah memiliki nilai resistivitas 0,46  $\Omega$ m dengan 14,7 – 22 m sedangkan lintasan 2 tidak adanya kandungan air laut karena jarak lebih dari 1 km dari pesisir pantai yang memiliki nilai resistivitas 1,59  $\Omega$ m dengan kedalaman 15,09 – 22 m. Kualitas air berdasarkan parameter TDS pada sampel 1 dan sampel 2 tidak sesuai dengan standart baku mutu dan parameter pH, kekeruhan pada semua sampel air yang diambil sesuai dengan standart baku mutu. Kualitas air berdasarkan parameter salinitas pada sampel 1 dan sampel merupakan air payau, dan pada sampel 3 merupakan air tanah.

## REFERENSI

1. Alfian, M. (2022). Analisis Usaha Tani Nanas di Kelurahan Mundam Kecamatan Medang Kampai Kota Dumai. *Dinamika Pertanian*, **38**(1), 103–110.
2. Mulyani, I. (2020). Potensi dan Tantangan

- Pemberdayaan Masyarakat Lahan Gambut: Studi Pendekatan Kehidupan Berkelanjutan di Kelurahan Tanjung Palas Kecamatan Dumai Timur Kota Dumai. *KOMUNITAS*, **11**(1), 1–20.
3. Badri, M., Lubis, D. P., Susanto, D., & Suharjito, D. (2018). Sistem komunikasi peringatan dini pencegahan kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. *Jurnal Penelitian Komunikasi dan Pembangunan*, **19**(1), 1–16.
4. Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Taufiq, U. A., Mukromin, T. M., & Wardana, A. P. (2018). Identifikasi potensi air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, **15**(2), 100–104.
5. Putri, T. T. A. (2017). Pengelolaan sumberdaya lahan gambut di Kubu Raya Kalimantan Barat menuju lahan tanpa bakar. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, **4**(2), 92–109.
6. Hendrayana, H. (2012). *Intrusi Air Asin Kedalam Akuifer di Daratan*. Geological Engineering Dept.: Gadjah Mada University
7. Loke, M. H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Penang: Geotomo Software.
8. Triadi, T., & Indra, K. (2009). Permasalahan air tanah pada daerah urban. *Teknik*, **30**(1), 48–57.
9. Septiardi, M. E., Mislan, M., & Natalisanto, A. I. (2019). Studi Pemanfaatan Air Tanah dan Potensi Intrusi Air Laut di Daerah Pesisir Kota Balikpapan. *Geosains Kutai Basin*, **2**(1).
10. Soemirat, J. (2009). *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)