

# STUDI INTRUSI AIR LAUT DENGAN MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS KONFIGURASI DIPOLE- DIPOLE DI KAWASAN DESA LUBUK SABAN KECAMATAN PANTAI CERMIN PROVINSI SUMATERA UTARA

Cristi\*), Kerista Sebayang\*), Mester Sitepu\*\*)

Departemen Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, MEDAN  
e-mail : derizzti@yahoo.com

## INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang pendeteksian intrusi air laut dengan menggunakan metode resistivitas listrik. Penelitian dilakukan di daerah Desa Lubuk Saban, Kecamatan Pantai Cermin Provinsi Sumatera Utara. Pengambilan data menggunakan alat resistivitimeter, konfigurasi Dipole-Dipole. Data yang diperoleh adalah data arus (I) dan beda potensial (V). Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Res2dinv yang hasilnya adalah berupa resistivitas citra resistivitas 2D bawah permukaan. Nilai resistivitas batuan pada lintasan I (jarak 25 m dari tepi pantai) berkisar antara 1,08  $\Omega$ .m – 116  $\Omega$ .m, pada lintasan II (jarak 34 m dari tepi pantai) berkisar antara 4,54  $\Omega$ m – 71,5  $\Omega$ m dan pada lintasan III (jarak 44 m dari tepi pantai) berkisar antara 0,152  $\Omega$ m – 53,1  $\Omega$ m. Hasil interpretasi menunjukkan ditemukan adanya intrusi air laut di daerah Desa Lubuk Saban dilihat dari nilai resistivitas batumannya. Dimana nilai resistivitas batuan yang terkena intrusi sebesar 0,5  $\Omega$ m – 5  $\Omega$ m.

Kata kunci : intrusi air laut, konfigurasi Dipole-Dipole, porositas, permeabilitas

## ABSTRACT

The research detection of sea water intrusion had been performed using the electrical resistivity methods. The study was conducted in the village of Lubuk Saban, in the district of Pantai Cermin, North Sumatera Province. Taked of data using a resistivitimeter, Dipole-Dipole configuration. The obtained data are current (I) data and potential difference (V) data. Data processing is performed by using Res2dinv software, the result is in the form of 2D resistivity image of the subsurface resistivity. Rock resistivity values on the one track (a distance 25 m from the beach) ranged between 1,08  $\Omega$ .m – 116  $\Omega$ .m, the second track (a distance 34 m from the beach) ranged from 4,54  $\Omega$ m – 71,5  $\Omega$ m and the third track (a distance 44 m from the beach) ranged between 0,152  $\Omega$ m – 53,1  $\Omega$ m. Interpreted data showed that the intrusion of the sea water has been found in the village of Lubuk saban with the resistivity value of rocks ranged from 0,5 to 5  $\Omega$ m.

Keywords: sea water intrusion, Dipole-Dipole configuration, porosity, permeability

## 1. PENDAHULUAN

Air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi dalam keadaan jenuh dan dengan jumlah yang cukup (identik dengan akuifer)<sup>[1]</sup>. Manfaat air tanah sangat luas bagi kehidupan manusia, misalnya untuk kebutuhan rumah tangga, irigasi, dan industri.

Permasalahan pokok pada kawasan pesisir adalah keragaman sistem akuifer, posisi dan penyebaran penyusupan atau intrusi air laut baik secara alami maupun buatan terjadi karena aktivitas manusia yang mengeksploitasi air tanah di daerah pantai secara berlebihan. Oleh karena itu penyusupan air laut harus dihindari dan diantisipasi kejadiannya agar dapat dimanfaatkan seluruhnya. Penelitian ini

dilakukan untuk mengetahui susunan lapisan bawah permukaan tanah, sehingga dapat diketahui adanya lapisan pembawa air tanah atau akuifer yang berpotensi mengakibatkan terjadinya intrusi di Desa Lubuk Saban Kecamatan Pantai Cermin dengan menggunakan metode geolistrik.

## 2. DASAR TEORI

Pendugaan geolistrik ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya air tanah dan mineral pada kedalaman tertentu. Pendugaan geolistrik ini didasari pada kenyataan bahwa mineral yang berbeda akan mempunyai tahanan jenis yang berbeda apabila dialiri arus listrik. Air laut mempunyai tahanan jenis yang lebih rendah dari pada batuan mineral.

Prinsip kerja geolistrik adalah mengukur tahanan jenis (*resistivity*) dengan mengalirkan arus listrik kedalam batuan atau tanah melalui elektroda arus (*current electrode*), kemudian arus diterima oleh elektroda potensial. Beda potensial antara dua tersebut diukur dengan voltmeter dan dari harga pengukuran tersebut dapat dihitung tahanan jenis semu batuan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \pi a(n+1)(n+2) \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

$\rho$  adalah tahanan jenis,  $\pi n$  konstanta,  $V$  adalah beda potensial,  $I$  adalah Kuat arus dan  $a$  adalah jarak elektroda.

Ada beberapa macam konfigurasi dalam geolistrik ini, antara lain, Wenner, Schlumberger, Dipole-Dipole dan lain sebagainya. Prosedur pengukuran untuk masing-masing konfigurasi bergantung pada variasi resistivitas terhadap kedalaman yaitu arah vertical (*sounding*) atau arah lateral (*mapping*). Metode resistivitas dengan konfigurasi Dipole-dipole dilakukan dengan cara menempatkan elektroda arus dan elektroda potensial bergerak bersama-sama, sehingga diperoleh harga tahanan jenis semu secara lateral.

Survey resistivitas akan memberikan gambaran tentang distribusi resistivitas bawah permukaan. Harga resistivitas batuan, mineral, tanah dan unsur kimia secara umum telah diperoleh melalui berbagai pengukuran dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk proses konversi.<sup>[2]</sup>

Keadaan material bawah tanah sangat mempengaruhi aliran dan jumlah air tanah. Jumlah air tanah yang dapat di simpan dalam batuan dasar, sedimen dan tanah sangat bergantung pada permeabilitas dan porositas. Permeabilitas merupakan kemampuan batuan atau tanah untuk

melewatkan atau meloloskan air. Porositas juga sangat berpengaruh pada aliran dan jumlah air tanah. Porositas adalah jumlah atau persentase pori atau rongga dalam total volume batuan atau sedimen. Nilai porositas dan permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 1.<sup>[3]</sup>

Tabel 1. Nilai porositas dan permeabilitas

Tipe Batuan	Porositas (%)	Permeabilitas (m/hari)
Lempung	45	0,0004
Pasir	35	41
Kerikil	25	4100
Kerikil dan pasir	20	410
Batu pasir	15	4,1
Batu Kapur	5	0,04
Kwarsit	1	0,0004

Dalam keadaan statis, air tawar akan mengapung di atas air asin di daerah pantai karena mempunyai densitas yang lebih tinggi dari air tawar. Hal ini memenuhi persamaan hidrostatis fluida dengan persamaan :

$$\begin{aligned} PA &= PB \\ \rho_s \cdot g \cdot h_s &= \rho_f \cdot g \cdot h_f \\ h_s &= \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f \end{aligned} \quad (2)$$

Dimana :

$\rho_s$  : kerapatan (berat jenis) air laut ( gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_f$  : kerapatan (berat jenis) air bawah tanah tawar (gr/cm<sup>3</sup>)

$g$  : percepatan gravitasi

$h_s$  : kedalaman muka air laut dari titik A

$h_f$  : kedalaman muka air bawah tanah dari muka laut

Maka akan didapat bahwa :

$$h_s = 40 h_f \quad (3)$$

Ini berarti bahwa kedalaman batas (interface) air tawar dan air asin sekitar 40 kali ketinggian muka air tanah dari muka air laut.

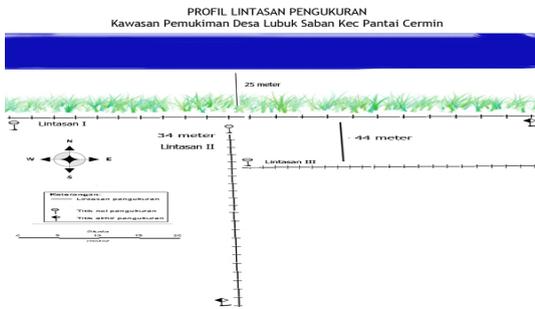
## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Lubuk Saban Kecamatan Pantai Cermin. Lokasi Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Dan penelitian terdiri atas tiga lintasan. Lintasan 1,2 berada pada posisi yang sejajar dan lintasan 3 pada posisi tegak lurus dari tepi laut, Lintasan 1 berjarak 25 m dari tepi laut, lintasan 2 berjarak 10 m dari lintasan 1 dan lintasan 3 berjarak 9 m dari lintasan 2. Adapun panjang masing-masing lintasan 155 m dan jarak elektroda sebesar 5 m, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lintasan dan Posisi Titik Pengukuran

Pengambilan data dilaksanakan dengan alat Resistivimeter, alat ini digunakan untuk mengukur besarnya nilai tahanan jenis batuan.

Elektroda arus dan elektroda potensial, alat ini digunakan untuk menginjeksikan arus kedalam bumi dan menangkap nilai beda potensial ( $\Delta V$ ) dan arus ( $I$ ) yang terbentuk. Aki 12volt, alat ini sebagai sumber energi ketika menginjeksikan arus listrik. Kabel Geolistrik, alat ini digunakan untuk menghubungkan elektroda dengan aki dan Resistivity Meter. Karet untuk menghubungkan kabel geolistrik dengan elektroda dan *Geographic position system* (GPS) untuk menentukan titik koordinat tiap lintasan yang dapat dilihat pada Tabel 2

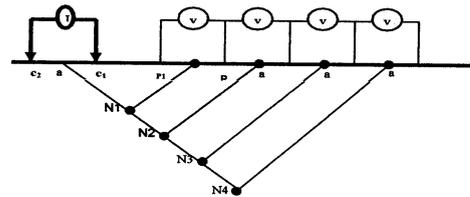
Tabel 2 Letak koordinat lokasi penelitian

Lintasan	Koordinat LU	Koordinat BT
I (Satu)	03°37'479"	099°02'102"
II (Dua)	03°37'435"	099°02'081"
II (Tiga)	03°37'440"	099°02'135"

Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut: (a) menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan dengan menggunakan gps. (b) membuat lebar spasi elektroda a. (c) memasang elektroda berdasarkan konfigurasi Dipole-dipole dengan faktor geometri :

$$K = \pi a(n)(n + 1)(n + 2) \quad (3)$$

Konfigurasi ini menempatkan elektroda arus dan elektroda potensial bergerak bersama-sama, sehingga diperoleh harga tahanan jenis semu secara lateral (horizontal).

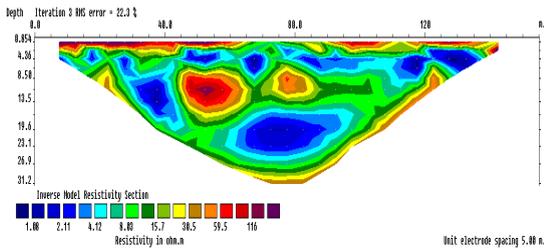


Gambar 3. Konfigurasi Dipole-Dipole

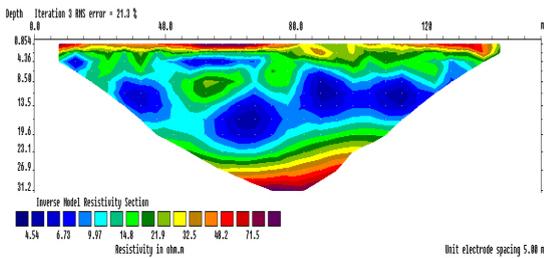
(d). Diaktifkan alat arus yang kemudian akan menginjeksikan arus listrik kedalam tanah melalui kabel – kabel arus dihasilkan nilai beda potensial ( $P$ ) dan arus ( $I$ ). Selanjutnya data diolah, sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu ( $\rho$ ). Besarnya nilai tahanan jenis semu dikelompokkan sesuai dengan kedalaman lapisan ( $n$ ). Kemudian data-data yang telah tersusun diolah dengan menggunakan Software Res2Dinv. Sehingga diperoleh gambaran atau citra mengenai keadaan bawah permukaan berdasarkan perbedaan nilai tahanan jenis.<sup>[4]</sup> Setelah tahap-tahap tersebut di atas selesai, selanjutnya dapat diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas sebenarnya. Dengan demikian dapat diketahui jenis sebaran air tanah serta lapisan yang mengandung akuifer.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

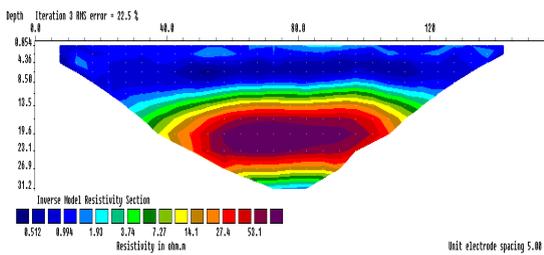
Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data kuat arus listrik ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ) dari setiap lintasan pengukuran yang dihitung ke dalam nilai tahanan jenis, selanjutnya diolah dengan menggunakan Software Res2dinv. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan. Berdasarkan penampang geolistrik ini dapat diketahui kedalaman dan struktur lapisan tanah yang potensial mengandung air tanah berdasarkan perbedaan nilai tahanan jenis yang divisualisasikan oleh warna tertentu. Penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan tersebut ditampilkan pada gambar 4 s/d 6.



Gambar 4 Penampang melintang reistivitas lapisan bawah permukaan bumi Lintasan I



Gambar 5. Penampang melintang reistivitas lapisan bawah permukaan bumi Lintasan II



Gambar 6. Penampang melintang reistivitas lapisan bawah permukaan bumi Lintasan III.

Dari ketiga lintasan pengukuran menunjukkan telah terjadi intrusi air laut (penyusupan air laut ke arah daratan) hingga mencapai 100 meter dari garis pantai. Hal ini dapat dilihat dari nilai resistivitas batuan yang terdapat pada masing-masing lintasan pengukuran. Lintasan I nilai resistivitasnya berkisar antara 1,08 - 116  $\Omega$ .m dengan kesalahan iterasi 22,3 %. Lintasan II nilai resistivitas berkisar antara 4,54 - 71,5  $\Omega$ m dan Lintasan III nilai resistivitas berkisar antara 0,512 - 53,1  $\Omega$ .m, dimana suatu lintasan terjadi intrusi jika nilai resistivitasnya 0,5 - 5  $\Omega$ .m. Hal ini bisa saja dipengaruhi faktor jarak dari garis pantai, kedalam sumur, kondisi batuan struktur tanah penyusupan akuifer tanah.

Jika dilihat dari litologi penyusun akuifer pada ketiga lintasan pengukuran mempunyai kesamaan yaitu batu pasir, pasir lempungan, tanah yang diinterpretasikan sebagai akuifer karena batu pasir

merupakan batuan yang memiliki celah-celah atau rongga sehingga biasa diisi oleh air dan juga dapat bergerak melalui celah-celah rongga tersebut.

Intrusi air laut terjadi jika air laut meresap memasuki air bawah tanah, hal ini bergantung pada nilai permeabilitas dan porositasnya. Semakin kecil nilai permeabilitas suatu batuan maka semakin sulit untuk dilewati air resapan dari laut. Karena rongga-rongga pada batuan tersebut akan semakin kecil. Begitupula jika porositas batuan semakin besar kemungkinan air lolos semakin sukar. Hal ini dilihat dari kemampuan batuan tersebut untuk menahan air. Jika porositasnya kecil maka air resapan laut akan mudah melewatinya.

Lapisan lempung pasir merupakan lapisan yang kedap air, oleh karenanya walaupun mungkin saja pada lapisan ini terdapat air tanah yang mengalir akan tetapi masih dalam jumlah yang sedikit. Pasir dan kerikil memungkinkan terdapatnya air tanah, sebab pasir dan kerikil memiliki porositas dan permeabilitas yang besar dan air tanah berada diantara pori-pori pasir dan kerikil tersebut, sehingga pada lapisan tersebut sangatlah berpotensi terdapatnya air tanah.

Dalam penentuan batas antara air tanah dan air laut yang dinyatakan dengan suatu garis/zona lengkung *interface* antara air laut dan air tanah dengan persamaan GhybenHerzberg maka, dilakukan pengukuran, perhitungan dengan menentukan garis batas tersebut. Dalam penelitian dilakukan penentuan dengan melakukan pengukuran muka air tanah sehingga dapat diperoleh titik lengkung batas terhadap air laut dengan persamaan GhybenHerzberg. Pengukuran dilakukan pada 3 lintasan seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan batas air tawar dan air laut berdasarkan rumus GhybenHerzberg

Lint asa n	Koordinat		MAT (M)	Z = 40 MAT (M)
	X	Y		
I	33749	99022	25	1000
2	33745	99021	34	1360
3	33740	99025	44	1760

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data pengukuran pada tiga lintasan yang berbeda di Desa Lubuk Saban

Kecamatan Pantai Cermin maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdeteksi adanya kandungan air laut atau air asin pada ketiga lintasan pengukuran. Sehingga ditemukan terjadinya intrusi air laut. Hal ini dapat dilihat dari nilai resistivitasnya yaitu pada lintasan I nilai resistivitasnya 1,08  $\Omega$ .m – 116  $\Omega$ .m, lintasan II nilai resistivitasnya 4,54  $\Omega$ .m – 71,5  $\Omega$ .m dan lintasan III nilai resistivitasnya 0,152  $\Omega$ .m – 53,1  $\Omega$ .m, dimana suatu lintasan terjadi intrusi jika nilai resistivitasnya 0, 5  $\Omega$ .m – 5  $\Omega$ .m.
2. Ada beberapa faktor yang memungkinkan terjadinya intrusi air laut pada suatu lokasi seperti jarak lokasi penelitian dengan pantai, keadaan struktur tanah, unsur kimia yang terkandung di dalam tanah, iklim, temperatur tanah dan jenis tanah, porositas, dan permeabilitas suatu batuan.
3. Batas kedalaman antara air tanah tawar dan air laut pada masing-masing lintasan berdasarkan rumus Ghyben Herzberg didapat, pada lintasan 1 batas kedalamannya 1000 m, lintasan 2 batas kedalamannya 1360 m, dan lintasan 3 batas kedalamannya adalah 1760 m.

## 5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan menggunakan metode yang berbeda seperti metode resistivitas tiga dimensi atau metode – metode lainnya yang hasilnya berupa pemodelan tiga dimensi
2. Memilih Objek kajian lain yang berkaitan dengan lapisan permukaan bumi seperti tentang penyebaran air, penyebaran lindi atau penyebaran polutan.
3. Usahakan untuk melakukan penelitian dalam waktu satu hari, karena bila dilanjutkan pada hari berikutnya maka keadaan daerah tanah lokasi penelitian belum tentu sama dengan keadaan sebelumnya.

## DAFTAR ACUAN

[1] Sulityanto, Aris. 2002. *Permodelan Air Tanah Daerah Penyebrangan Tegal Jawa Tengah*. Tesis tidak diterbitkan Bandung: Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung.

[2] Telford, W.M. 1990. *Applied Geophysics. Second Edition*. University Press. Cambridge.

[3] Linsley, R.K dan Franzini, J.B. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Erlangga. Jakarta.

[4] Reynold J.M, 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons Ltd. New York.

