

STUDI INTRUSI AIR LAUT DENGAN MENGUNAKAN METODE RESISTIVITAS LISTRIK KONFIGURASI WENNER – SCHLUMBER DI KECAMATAN PANTAI CERMIN PROVINSI SUMATERA UTARA

Fitrikayanti Hasibuan^{*}), Susilawati^{*}), Rahmatsyah^{})**

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, MEDAN

e-mail : susilawati71274@yahoo.com

e-mail : fitrikayanti_hsb@yahoo.com

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Medan

INTISARI

Telah dilakukan penelitian tentang pendeteksian intrusi air laut dengan menggunakan metode resistivitas listrik. Penelitian dilakukan di daerah Pantai Cermin Kiri, Kecamatan Pantai Cermin Provinsi Sumatera Utara. Pengambilan data menggunakan alat resistivimeter, konfigurasi Wenner-Schlumberger. 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 ± 1 km dari tepi pantai) berkisar antara $27,9 \Omega.m - 968 \Omega.m$, pada lintasan II (jarak ± 955 m dari tepi pantai) berkisar antara $14 \Omega.m - 508 \Omega.m$ dan pada lintasan III (jarak ± 980 m dari tepi pantai) berkisar antara $16,8 \Omega.m - 494 \Omega.m$. Hasil interpretasi menunjukkan tidak ditemukan adanya intrusi air laut di daerah Pantai Cermin Kiri dilihat dari nilai resistivitas batuan. Dimana nilai resistivitas batuan yang terkena intrusi sebesar $0,5 \Omega.m - 5 \Omega.m$.

Kata kunci : intrusi air laut, resistivitas,, Konfigurasi Wenner Schlumberger, Software Res2dinv

ABSTRACT

A studied concerning the detection of seawater intrusion by using the electrical resistivity method. The study was conducted in the area of Pantai Cermin Kiri, Pantai Cermin district, North Sumatera Province. Taked of data using a resistivimeter, Wenner-Schlumberger configuration. The data obtained is 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 ± 1 km from the beach) ranged between $27,9 \Omega.m - 968 \Omega.m$, the second track (a distance ± 955 m from the beach) ranged from $14 \Omega.m - 508 \Omega.m$ and the third track (a distance ± 980 m from the beach) ranged between $16,8 \Omega.m - 494 \Omega.m$. Interpretation of the results showed did not find any seawater intrusion in the views of the Pantai Cermin Kiri from the rock resistivity values. Where the rock resistivity values that affected by intrusive rocks is $0.5 \Omega.m - 5 \Omega.m$.

Keywords: sea water intrusion, resistivity, Wenner-Schlumberger configuration, Software Res2dinv

1. PENDAHULUAN

Air tanah merupakan suatu sumber alam yang dapat diperbaharui yang sifatnya terbatas dan memainkan peran yang sangat penting dalam penyediaan air bersih untuk berbagai keperluan. Penggunaan air tanah sebagai sarana kehidupan semakin meningkat baik untuk kebutuhan industri maupun untuk kebutuhan rumah tangga.

Terjadinya penyedotan air tanah yang terus menerus tanpa memperhitungkan daya dukung lingkungannya menyebabkan permukaan air tanah melebihi daya produksi dari suatu akifer, yang merupakan formasi pengikat air yang memungkinkan air cukup besar untuk bergerak. Hal ini dapat menimbulkan terjadinya intrusi air laut terhadap sumber air bawah tanah.^[5]

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan suatu penelitian atau survei dengan menggunakan metode tahanan jenis (*resistivity*). Sejauh ini belum pernah dilakukan suatu penelitian dengan metode tahanan jenis (*resistivity*) konfigurasi Wenner-schlumberger mengenai penyebaran intrusi air pada desa Pantai Cermin Kiri Kecamatan Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara sebagai upaya untuk mengetahui sampai sejauh mana penyebaran air laut akibat penyedotan air bawah tanah (sumur) oleh manusia untuk keperluan sehari-hari.

Eksplorasi air tanah secara berlebihan dapat menyebabkan terjadinya intrusi air laut pada daerah tersebut. Jika hal ini terjadi, maka kondisi air pada daerah tersebut tidak layak untuk dikonsumsi, karena adanya rasa asin atau payau. Untuk mengetahui hal tersebut, maka akan dilakukan suatu penelitian atau survei geofisika menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kedalaman intrusi air laut berdasarkan nilai tahanan jenis, menentukan batas kedalaman antara air tawar dengan air asin berdasarkan prinsip Wenner-Schlumberger, memperoleh citra bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenis untuk setiap lapisan bawah permukaan, dan faktor yang mempengaruhi terjadi intrusi air laut.

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. 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 1.1.^[1]

Tabel 1.1 Porositas dan permeabilitas beberapa tipe batuan^[1]

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

2. PROSEDUR EKSPERIMEN

2.1 Bahan dan Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Resistivity Meter, 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 (ΔV) dan arus (I) yang terbentuk. Aki 12 volt, 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 1.2

Tabel 1.2 Letak koordinat lokasi penelitian

No	Lintasan	Koordinat LU	Koordinat BT
1	I (Satu)	03°38'452"	098°59'073"
2	II (Dua)	03°38'463"	098°59'072"
3	II (Tiga)	03°38'475"	098°59'064"

2.2 Cara Kerja

Secara keseluruhan kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

2.2.1 Survei Lapangan

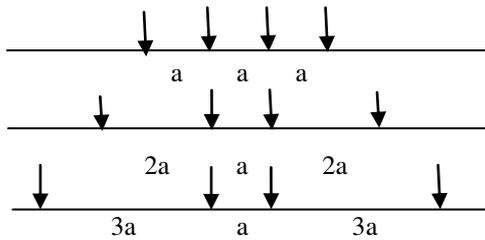
Survei awal, yaitu pemilihan lokasi penelitian. Pada tahap ini akan dicari lokasi untuk lintasan pengukuran yang berada tidak jauh dari bibir pantai, dengan topografi yang mendatar, dan memiliki luas yang memungkinkan bisa membentangkan alat sesuai dengan banyak elektroda yang dipakai.

2.2.2 Teknik Pengambilan data

Setelah mendapatkan lokasi pengukuran, maka akan dilakukan pengukuran untuk masing-masing lintasan. Pada penelitian ini akan diteliti mengenai kedalaman intrusi air laut pada suatu tempat, sehingga konfigurasi elektroda yang digunakan adalah konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan faktor geometri

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

Dengan konfigurasi ini akan diketahui gambaran lapisan bawah permukaan secara vertikal dan horizontal.^[2]



Gambar 1. Pemasangan konfigurasi elektroda.

Adapun langkah pengambilan data geolistrik tahanan jenis adalah sebagai berikut :

- a. Ditentukan lintasan pengukuran.
- b. Ditentukan lebar antar elektroda (a).
- c. Dilakukan pemasangan elektroda berdasarkan konfigurasi yang digunakan, yaitu konfigurasi Wenner-Schlumberger.
- d. Diaktifkan alat ares yang kemudian akan menginjeksikan arus listrik kedalam tanah melalui kabel – kabel ares.

2.2.3 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran. Besaran pengukuran yang diukur adalah tegangan (V) dan arus (I). Data-data hasil pengukuran tersebut kemudian ditabulasikan ke dalam bentuk tabel.

2.2.4 Teknik Pengolahan Data

Data beda potensial (V) dan arus (I) yang diperoleh dari hasil pengukuran dapat digunakan untuk menghitung nilai tahanan jenis semu (ρ_a), dengan menggunakan konfigurasi Wenner - Schlumberger. tahanan jenis semu dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan :

- ρ_a = tahanan jenis semu
- k = faktor geometri
- I = kuat arus yang diinjeksikan
- ΔV = beda potensial antara kedua elektroda

Besarnya nilai tahanan jenis semu (ρ_a) akan 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.^[3]

2.2.5 Interpretasi

Hasil pencitraan bawah permukaan yang berupa gambaran warna yang dihasilkan oleh software Res2dinv kemudian diinterpretasikan

berdasarkan nilai tahanan jenis tiap batuan. Dengan membaca panduan atau literature pada software tersebut, maka akan diketahui kedalaman intrusi air laut pada daerah tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

$$n = 3$$

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di sekitar Wilayah Kecamatan Pantai Cermin, Desa Pantai Cermin Kiri yang lokasinya berjarak kurang lebih 1 km dari pantai, seperti terlihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi penelitian di wilayah Desa Pantai Cermin Kiri^[6]

Nilai *apparent resistivity* atau resistivitas semu yang diperoleh dari hasil pengukuran selanjutnya akan dilakukan inversi dengan menggunakan software Res2dinv dari konfigurasi Wenner Schlumberger dengan jarak elektroda 5m serta panjang lintasan 155 m yang terbagi dalam tiga lintasan yang teramati pada Tabel 3.1 dan diperoleh penampang tahanan jenis.



Gambar 3.1 Letak lintasan pengukuran

Nilai resistivitas batuan/ material tidak selalu sama. Nilai resistivitas masing – masing tiap batuan yang sama belum tentu memiliki harga resistivitas masing – masing tiap batuan yang sama belum tentu memiliki harga resistivitas yang sama, dan sebaliknya harga resistivitas yang sama dapat dimiliki oleh batuan yang berbeda. Nilai

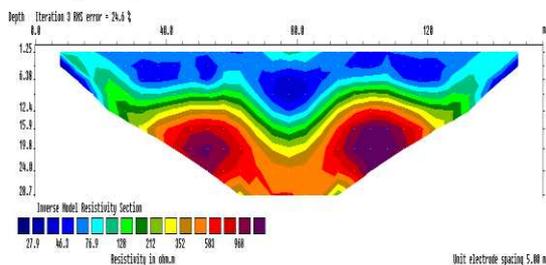
resistivitas material – material atau batuan bumi dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Nilai Resistivitas Kelistrikan Batuan^[4]

Material	Tahanan Jenis (ohm meter)
Air (Udara)	0
Quarzt (Kwarsa)	500 – 800.000
Calcite (kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Rock Salt (Garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granite (granit)	200 – 100.000
Basalt (basal)	200 – 100.000
Limestones (Gamping)	500 – 10.000
Sandstones (Batu Pasir)	200 – 8.000
Shales (Batu Tulis)	20 – 20.000
Sand (Pasir)	1 – 1.000
Clay (Lempung)	1 – 100
Ground Water (Air Tanah)	0,5 – 300
Sea Water (Air Laut)	0,2
Dry Gravel (Kerikil Kering)	600 – 10.000
Alluvium (alluvium)	10 – 800
Gravel (Kerikil)	100 – 600
Air dalam akuifer alluvial	20 – 30
Pasir dan kerikil terendam dalam air tawar	$50 - 5 \times 10^2$
Pasir dan kerikil terendam dalam air laut	0,5 – 5

3.1 Lintasan I

Lintasan I terletak pada koordinat 03°38'452" LU dan 098°59'073" BT. Jarak kurang lebih 1 km dari bibir pantai dengan rentang pengukuran 155 m yang terbagi menjadi 32 titik dengan jarak spasi 5m.



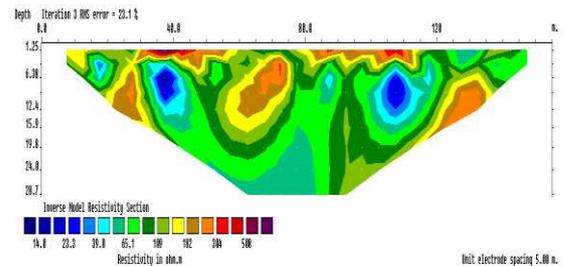
Gambar 3.2 Penampang melintang reistivitas lapisan bawah permukaan bumi Lintasan I.

Gambar 3.2 memperlihatkan penampang melintang model inversi dengan kedalaman

maksimal 28,7m dan harga resistivitas berkisar antara 27,9 Ω .m – 968 Ω .m dengan kesalahan iterasi 24,6 %.

3.2 Lintasan II

Lintasan II terletak pada koordinat 03°38'463" LU dan 098°59'072" BT. Jarak kurang lebih 0,955 m dari bibir pantai dengan rentang pengukuran 155 m yang terbagi menjadi 32 titik dengan jarak spasi 5 m.

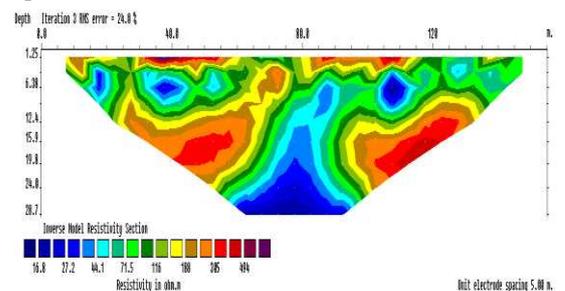


Gambar 3.3. Penampang melintang reistivitas lapisan bawah permukaan bumi Lintasan II.

Gambar 3.3 memperlihatkan penampang melintang model inversi dengan kedalaman maksimal 28,7m dan harga resistivitas berkisar antara 14,0 Ω .m - 508 Ω .m dengan kesalahan iterasi 23,1 %.

3.3 Lintasan III

Lintasan III terletak pada koordinat 03°38'475" LU dan 098°59'064" BT. Jarak kurang lebih 0,98 m dari bibir pantai dengan rentang pengukuran 155 m yang terbagi menjadi 32 titik dengan jarak spasi 5m.



Gambar 3.4. Penampang melintang reistivitas lapisan bawah permukaan bumi Lintasan III.

Gambar 3.4 memperlihatkan penampang melintang model inversi dengan kedalaman maksimal 28,7 m dan harga resistivitas berkisar antara 16,8 Ω .m - 494 Ω .m dengan kesalahan iterasi 24,0 %.

Dari ketiga lintasan pengukuran tidak ditemukan adanya intrusi air laut, hal ini dilihat dari nilai resistivitas batuan yang nilainya resistivitasnya Lintasan I nilai resistivitasnya 27,9 $\Omega.m$ – 968 $\Omega.m$, Lintasan II nilai resistivitasnya 14,0 $\Omega.m$ – 508 $\Omega.m$ dan Lintasan III nilai resistivitasnya 16,8 $\Omega.m$ – 494 $\Omega.m$, dimana suatu lintasan terjadi intrusi jika nilai resistivitasnya 0, 5 $\Omega.m$ – 5 $\Omega.m$. Ini bisa dipengaruhi faktor jarak dari garis pantai semakin dekat jarak pengukuran dengan pantai nilai resistivitasnya akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya semakin jauh jarak pengukuran dari bibir pantai maka nilai resistivitasnya makin besar. Pada ketiga lintasan hampir seluruhnya mempunyai susunan material yang sama seperti pasir, kerikil, batu kapur, lempung dan aluvium yang memungkinkan masih sukar ditembus oleh air laut.

Porositas dan permeabilitas batuan juga sangat berpengaruh terjadinya intrusi air laut. Intrusi air laut akan 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 susah 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 dari batuan tersebut menahan air. Jika porositasnya kecil air resapan laut akan mudah melewatinya hal ini dapat disesuaikan dengan Tabel 1.1.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data pengukuran pada tiga lintasan yang berbeda di Kecamatan Pantai Cermin Desa Pantai Cermin Kiri maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdeteksi adanya kandungan air laut / air asin pada ketiga lintasan pengukuran, sehingga tidak ditemukan adanya intrusi air laut. Hal ini dilihat dari nilai resistivitasnya yaitu pada lintasan I nilai resistivitasnya 27,9 $\Omega.m$ – 968 $\Omega.m$, lintasan II nilai resistivitasnya 14,0 $\Omega.m$ – 508 $\Omega.m$ dan lintasan III nilai resistivitasnya 16,8 $\Omega.m$ – 494 $\Omega.m$, dimana suatu lintasan terjadi intrusi jika nilai resistivitasnya 0, 5 $\Omega.m$ – 5 $\Omega.m$, sehingga tidak dapat ditentukan batas antara air tawar dengan air asin .
2. Pada lokasi pengukuran lintasan I yang berjarak kurang lebih 1 km sejajar garis pantai dengan panjang lintasan 155 m banyak mengandung Lapisan air tanah permukaan (groundwater) dalam akuifer tanah endapan lumpur (alluvial) yang terdiri dari campuran pasir (sand), garam batu (rock

salt) dan lempung (clay) yang terendam air tawar dengan batuan tulis (*shales*).

3. Pada lokasi pengukuran lintasan II yang berjarak kurang lebih 0,955 m sejajar garis pantai dengan panjang lintasan 200 m banyak mengandung Lapisan air tanah permukaan (groundwater) yang terdiri dari campuran batu tulis (*shales*), pasir (*sand*), aluvium (*alluvium*) dan kerikil (*gravel*)
4. Pada lokasi pengukuran lintasan III yang berjarak kurang lebih 0,98 m tegak lurus dengan garis pantai dengan panjang lintasan 200 m banyak mengandung Lapisan air tanah permukaan (*groundwater*) yang terdiri dari campuran pasir (*sand*), garam batu (*rock salt*), aluvium (*alluvium*) dan lempung (*clay*) yang terendam air tawar dengan batuan tulis (*shales*).
5. Ada beberapa faktor yang memungkinkan tidak terjadinya intrusi air laut pada suatu lokasi seperti jarak lokasi penelitian dengan pantai, jenis material batuan, porositas dan permeabilitas suatu batuan.

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] Linsley, R.K dan Franzini, J.B. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Erlangga. Jakarta.
- [2] Loke, M.H. 1999. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*. Malaysia: Penang.
- [3] Reynold J.M, 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley and Sons Ltd. New York.
- [4] Telford, W.M. 1990. *Applied Geophysics. Second Edition*. University Press. Cambridge.
- [5] Kodoatie, J.R. 1996. *Pengantar Hidrologi*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [6] www.serdangbedagaikab.go.id/bappeda/document/2012-12-25=19=09=09cermin.pdf (diakses 12 januari 2013)