

## PENENTUAN TINGKAT INTRUSI AIR LAUT MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI WENNER SCHLUMBERGER DAN KONDUKTIVITIMETER DI DAERAH SITUS KOTA CINA

**Nanda Rahmadani dan Rita Juliani**

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan  
*rahmadaninanda@gmail.com, ritajuliani@gmail.com*

Diterima: Agustus 2019. Disetujui: September 2019. Dipublikasikan: Oktober 2019

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian penentuan tingkat intrusi air laut menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi wenner schlumberger dan konduktivimeter di daerah Situs Kota Cina dengan tujuan mengetahui struktur bawah permukaan dan nilai daya hantar listrik, suhu, pH, serta salinitas. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode geolistrik tipe ARES-D4.vv4, SN : 0609134 konfigurasi *wenner Schlumberger* dan panjang lintasan 75 meter dengan jarak antar elektroda 5 meter. Analisis data geolistrik menggunakan *Software Res2Dinv* untuk mendapatkan nilai resistivitas model penampang dua dimensi (2D), dan alat konduktivimeter untuk mendapatkan nilai daya hantar listrik, suhu, pH, serta salinitas. Hasil penelitian menunjukkan nilai resistivitas terendah 0,525  $\Omega\text{m}$  dan tertinggi 10,74  $\Omega\text{m}$  yang didominasi lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut Nilai Daya Hantar Listrik (DHL), suhu, pH, dan salinitas air sumur gali di Kota Cina diperoleh yaitu nilai DHL 202,69 $\mu\text{mho/cm}$ , dengan salinitas 78,71 mg/L, pH 7,43, dan suhu 28,43°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan kota cina telah terintrusi sedikit.

**Kata Kunci:** *Geolistrik, Res2Dinv, Kota Cina, , Intrusi Air Laut, DHL*

### ABSTRACT

*Research has been conducted to determine the level of seawater intrusion using the geoelectric resistivity configuration of Wenner Schlumberger and conductivitymeter configuration in the China City Site area with the aim of knowing subsurface structure and the value of electrical conductivity, temperature, pH, and salinity. The study was carried out by using the ARES-D4.vv4, SN: 0609134 Schlumberger wenner configuration and a 75-meters track length of 5 meters between electrodes. Geoelectric data analysis using Res2Dinv Software to obtain resistivity values of two-dimensional (2D) cross section models, and conductivitymeter devices to obtain electrical conductivity values, temperature, pH, and salinity. The results showed that the lowest resistivity value was 0.525  $\Omega\text{m}$  and the highest was 10.74  $\Omega\text{m}$  which was dominated by layers of groundwater, clay, sand and gravel submerged in seawater The value of electrical conductivity (DHL), temperature, pH, and salinity of dug well water in the city China was obtained namely the value of DHL 202.69 $\mu\text{mho/cm}$ , with salinity of 78.71 mg / L, pH 7.43, and temperature of 28.43oC. The results of the study indicate that the Chinese city area has been slightly intruded.*

**Keywords:** *Geoelectric, Res2Dinv, City of China, Sea Water Intrusion, Electrical Conductivity*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya peninggalansejarah. Peninggalan sejarah ada yang berupa bangunan atau monumen, kesenian, naskah-naskah kuno dan jenis-jenis budaya lainnya. Kenyataan obyektif memperlihatkan bahwa wilayah Indonesia dengan luas 1.910.931.32 km persegi dipenuhi dengan peninggalan budaya masa lampau (Asmito, 1998). Peninggalan sejarah yang dimiliki bangsa Indonesia tidak hanya menjadi kekayaan tersendiri, tetapi juga memiliki potensi yang besar menarik perhatian para wisatawan baik domestik maupun mancanegara. Peninggalan sejarah yang ada di Indonesia tidak semua dikenal oleh khalayak luas, sehingga kurang adanya wisatawan untuk berkunjung dan berwisata. Peninggalan sejarah yang perlu dikembangkan adalah Situs Kota Cina yang terletak di Kelurahan Paya Pasir Kecamatan Medan Marelan.

Daerah Kota Cina adalah daerah yang berada di Marelan, secara administrasi pemerintahan termasuk kotamadya Medan. Wilayah Marelan secara geografis terletak pada posisi antara 03°30' - 03°35' Lintang Utara dan 98°30' - 98°35' Bujur Timur (BPCB Aceh Besar, 2012). Kawasan Kota Cina (McKinnon, 1984) merupakan sebuah wilayah yang cukup luas, dengan sebaran tinggalan arkeologis yang dijumpai pada banyak tempat. Wilayah Kota Cina secara keseluruhan mengandung temuan arkeologis luasnya mencapai 25 hektar yang meliputi situs Danau Siombak dengan temuan sisa perahu dan fragmen gerabah, situs Kota Cina dengan temuan struktur bata, batu umpak, fragmen gerabah, fragmen keramik, fragmen logam, fragmen kaca, dan koin Cina, situs Keramat Pahlawan dengan temuan struktur bata, fragmen keramik, fragmen gerabah, batu berpahat, dan dua arca logam, serta situs Lorong IX dengan temuan arca batu, fragmen lingga, dan fragmen yoni. Penghitungan luasan dilakukan oleh Balai Arkeologi Medan terhadap kawasan Kota Cina pada tahun 2008.

Hasil survey lapangan dan penelitian terdahulu masih banyak ditemukan candi atau artefak yang masih terpendam. Candi peninggalan Kota Cina sudah ada yang berhasil dieskavasi tetapi kondisinya sangat buruk dikarenakan kondisi

wilayah Kota Cina yang setiap hari mengalami pasang air laut. Pasang air laut memungkinkan kawasan Situs Kota Cina mengalami intrusi air laut.

Intrusi air laut dapat dideteksi dengan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik adalah suatu pengukuran tahanan jenis dengan mengalirkan arus listrik ke dalam batuan atau tanah melalui elektroda arus (Cristi, 2013). Penentuan tingkat intrusi dapat diketahui dengan cara lain yaitu menghitung nilai daya hantar listrik, salinitas, dan suhu menggunakan alat konduktivimeter (Janner, 2011).

Penelitian penentuan tingkat intrusi air laut di Situs Kota Cina bertujuan mengetahui struktur batuan bawah permukaan tanah, mengetahui besar nilai Daya Hantar Listrik (DHL), salinitas, pH, dan suhu air sumur gali, dan mengetahui tingkat intrusi air laut ditinjau dari parameter yang diukur di Kota Cina.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Juli 2019 di Daerah Situs Kota Cina Kelurahan Paya Pasir Kecamatan Medan Marelan. Letak geografis Kota Cina berada pada posisi antara 03°30' - 03°35' Lintang Utara dan 98°30' - 98°35' Bujur Timur.

### Prosedur Kerja

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian menggunakan geolistrik sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel air sumur bor di sekitar Kota Cina Kelurahan Payah Pasir Kecamatan Medan Marelan.
2. Menentukan titik koordinat lokasi pengambilan sampel.
3. Melakukan pengukuran kedalaman sumur bor.
4. Menentukan lintasan pengukuran.
5. Menentukan jarak antar elektroda (a).
6. Melakukan pemasangan elektroda berdasarkan konfigurasi yang digunakan.
7. Mengaktifkan alat ARES yang kemudian akan menginjeksikan arus listrik kedalam tanah melalui kabel-kabel ares.

8. Melakukan pengukuran tegangan dan arus menggunakan geolistrik ARES (*Automatic Resistivity System*).
  9. Melakukan pengambilan data yang tercatat melalui alat perekam geolistrik.
  10. Mengolah data yang diperoleh Geolistrik (Resistivity Meter) Ares-D4.v47, SN:06091345 (*Automatic Resistivity System*).
  11. Pengolahan data dengan software *Res2dinv*.
  12. Hasil pengukuran dicatat dalam bentuk tabel data pengamatan geolistrik resistivitas.
  13. Data yang diperoleh dianalisis dan interpretasi data.
  14. Membedakan nilai tahanan jenis berdasarkan warna untuk melihat nilai resistivitas pada setiap lapisan dan model penampang 2D.
2. Dari data tersebut diolah dengan menggunakan metode optimasi least-square mom-linear yang ada pada software Res2DinV untuk invvers 2 dimensi (2-D)
  3. Dari invers 2-dimensi tersebut diperoleh gambar penampang resistivitas yang menggambarkan atau mencitrakan distribusi resistivitas bawah permukaan tanah yang diteliti. Pada penelitian, setiap lintasan akan didapatkan gambar penampang melintang resistivitas.
  4. Dari gambar yang dihasilkan pada pengolahan dngan software Res2DinV, akan dibandingkan berdasarkan distribusi resistivitasnya yang ditunjukkan dengan citra warna yang berbeda dan disertai dengan kedalaman lapisan tanah yang teliti, kemudian dibandingkan dengan kondisi lokasi penelitian.

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian menggunakan konduktiviti meter sebagai berikut:

1. Untuk mengukur DHL, pH, salinitas dan suhu air terlebih dahulu menentukan koordinat titik acuan digaris pantai.
2. Air laut diambil mulai dari garis pantai sebagai sampel ke-1, kemudian sampel ke-2 dan seterusnya.
3. Menentukan koordinat sampel ke-1 air sumur gali, mengambil air sumur dan mengukur kedalaman sumur gali. Sampel ke-1 diambil dari jarak yang terdekat dengan garis pantai. Demikian untuk sampel berikutnya dan diambil menuju pemukiman penduduk.
4. Mengukur daya hantar listrik, salinitas, suhu, dan pH air laut dengan menggunakan konduktivitimeter dan pHmeter.
5. Mencatat semua hasil pengukuran dalam tabel data pengamatan.

### Analisis Data

Menggunakan Metode Geolistrik

Data lapangan menggunakan geolistrik ARES dapat diolah dengan cara :

1. Data hasl download yang didapatkan dari alat geolistrik Ares, akan diketahui nilai resistivitas semu.

Untuk mengetahui nilai resistivitas semu ( $\rho_s$ ) secara manual dapat menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

Dengan faktor geometri (K) adalah :

$$K = \left[ \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (1)$$

Atau

$$K = \frac{2\pi}{\left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} \quad (2)$$

Jadi resistivitas semu ( $\rho_s$ ) adalah

$$(\rho_s) = K \frac{\Delta}{I} \quad (3)$$

Dengan : K : Faktor Geometri

( $\rho_s$ ) : Resistivitas semu (ohm)

$\Delta V$  : Potensial (V)

I : Arus (A)

r : Jara

Menggunakan Konduktiviti Meter

Penelitian dilakukan dengan metode survey dan mengukur DHL (Daya Hantar Listrik) air tanah (sumur gali). Pengujian dilakukan dengan model analisa regresi berganda dengan persamaan :

$$\hat{Y} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_kX_k \quad (4)$$

Dengan :

$\hat{Y}$  = Daya Hantar Listrik

$a_0$  = Konstanta regresi

$a_k$  = Koefisien regresi untuk variable  $X_k$

$X_k$  = Variabel yang menyangkut sample

Variabel terikat adalah  $\hat{Y}$  (Daya Hantar Listrik), dan variabel-variabel bebas adalah kedalaman sumur bor ( $X_1$ ) dan jarak sumur bor dari garis pantai ( $X_2$ ), maka bentuk persamaan regresinya:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 \quad (5)$$

Koefisien-koefisien  $a_0$ ,  $a_1$ , dan  $a_2$  ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dengan persamaan regresinya :

$$\sum Y_i = a_0n + a_1 \sum X_{1i} + a_2 \sum X_{2i} \quad (6)$$

$$\sum Y_i X_{1i} = a_0 \sum X_{1i} + a_1 \sum X_{1i}^2 + a_2 \sum X_{1i} X_{2i} \quad (7)$$

$$\sum Y_i X_{2i} = a_0 \sum X_{2i} + a_1 \sum X_{1i} X_{2i} + a_2 \sum X_{2i}^2 \quad (8)$$

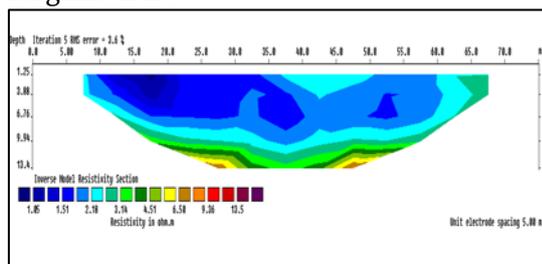
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian diperoleh adalah harga resistivitas jenis material/batuan yang ada sesuai dengan nilai resistivitas yang mewakili jenis batuan terhadap intrusi air laut karena lokasi pengambilan data dan jenis material/batuan sangat berpengaruh terhadap kandungan dan volume air yang tersimpan didalam tanah, baik air tawar (fresh water) maupun air garam (salt water) dan Daya Hantar Listrik (DHL) air sumur gali sebagai fungsi jarak dan kedalaman sumur. Penentuan Daya Hantar Listrik (DHL) menggunakan Konduktivimeter dan penentuan pH keasaman menggunakan pH meter pada air sumur gali.

### Analisa dan Pembahasan Data Geolistrik

#### Lintasan I

Lintasan pertama berada pada koordinat 411304 UN 461792 UTM sampai dengan 411584 UN 461889 UTM. Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (*Resistivity Meter*) adalah nilai resistivitas semu bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya berkisar antara 0,525  $\Omega m$  sampai dengan 7,9  $\Omega m$ . Pada panjang lintasan 75 meter dengan jarak tiap elektroda 5 meter setelah diinversikan dengan *Software Res2Dinv* diperoleh gambar penampang seperti gambar 1 :



**Gambar 1.** Penampang Melintang Resistivitas Lapisan Bawah Permukaan Tanah Lintasan I

Gambar 4.2 menunjukkan penampang kontur resistivitas pada lintasan pertama, setiap warna memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah terletak pada kedalaman 1,05 m – 6,76 m sepanjang bentangan memiliki nilai resistivitas 0,525  $\Omega m$  – 1,51  $\Omega m$  seperti pada gambar 4.3. lapisan yang memiliki nilai terendah menunjukkan adanya anomali karena adanya k nilai resistivitas yang cukup kecil diantara lapisan yang lain dan memungkinkan bahwa lapisan yang memiliki nilai resistivitas terendah adalah air yang merupakan air danau yang sudah tercemar air laut menembus lapisan batuan sehingga terjadi intrusi air laut.

Hasil penampang kontur resistivitas pada setiap lintasan, setiap warna memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Nilai resistivitas material-material atau batuan pada tabel 1:

**Tabel 1.** Nilai Resistivitas Kelistrikan Batuan

Material	Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )
Air Udara	0
Kwarsa	500 – 800.000
Kalsit	$1 \times 10^{12}$ - $1 \times 10^{13}$
Garam Batu	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granit	200 – 100.000
Basal	200 – 100.000
Gamping	500 – 10.000
Batu Pasir	200 – 8.000
Pasir	1 – 1.000
Lempung	1 - 100
Air Tanah	0,5 - 300
Air Laut	0,2
Kerikil Kering	600 – 10.000
Alluvium	10 - 800
Kerikil	100 - 600
Air dalam Akuifer Alluvial	20 - 30
Material	Tahanan Jenis ( $\Omega m$ )
Pasir dan Kerikil Terendam dalam Air Tawar	$50 - 5 \times 10^2$
Pasir dan Kerikil Terendam dalam Air Laut	0,5 - 5
Batu Tulis	20 – 20.000

(Telford, 1990)

Hasil penampang kontur resistivitas pada lintasan pertama memiliki nilai resistivitas

yang berbeda. Warna biru tua pada kedalaman 1,25 meter sampai 5 meter menandakan resistivitas sangat rendah yaitu  $0,525\Omega\text{m} - 1,05\Omega\text{m}$ . Warna biru – biru muda – biru tosca pada kedalaman 1,25 m – 9,94 m memiliki nilai resistivitas yaitu  $1,05\Omega\text{m} - 2,18\Omega\text{m}$  ini merupakan lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut. Warna hijau tosca – hijau muda – hijau tua – hijau lumut pada kedalaman 1,25 m – 13,4 m memiliki nilai resistivitas  $2,18\Omega\text{m} - 4,51\Omega\text{m}$  ini merupakan lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil terendam dalam air laut. Warna kuning dan cokelat berada pada kedalaman 10 meter sampai 13,4 meter memiliki nilai resistivitas semakin tinggi dari sebelumnya yaitu sekitar  $4,51\Omega\text{m} - 6,50\Omega\text{m}$  merupakan lapisan air tanah, pasir dan lempung. Maka jenis tanah/batuan lapisan penyusun dapat diinterpretasikan seperti tabel 2.

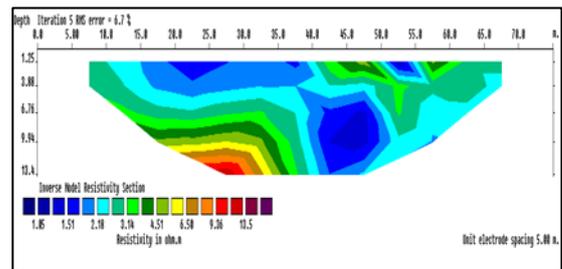
Kuning	10 –	4,51 –	terendam
Cokelat	13,4	6,50	air laut.
			Lapisan
			air tanah,
			pasir dan
			lempung.

**Lintasan II**

Lintasan kedua berada pada koordinat 411496 UN 461904 UTM sampai dengan 411514 UN 461985 UTM. Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (*Resistivity Meter*) adalah nilai resistivitas semu bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya berkisar antara  $0,525\Omega\text{m}$  sampai dengan  $10,74\Omega\text{m}$ . Pada panjang lintasan 75 meter dengan jarak tiap elektroda 5 meter setelah diinversikan dengan *Software Res2Dinv* diperoleh gambar penampang seperti gambar 2:

**Tabel 2.** Distribusi Lapisan Permukaan Bawah Tanah Lintasan I

Warna Kontur	Kedalaman (m)	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	Interpretasi
Biru Tua 	1,25 – 5	0,525 – 1,05	Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut.
Biru Biru Muda Biru Tosca 	1,25 – 9,94	1,05 – 2,18	Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut.
Hijau Tosca Hijau Muda Hijau Tua Hijau Lumut 	1,25 – 13,4	2,18 – 4,51	Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang



**Gambar 2.** Penampang Melintang Resistivitas Lapisan Bawah Permukaan Tanah Lintasan II

Gambar 2. menunjukkan penampang kontur resistivitas pada lintasan kedua, setiap warna memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah terletak pada kedalaman 1,05 m – 13,4 m sepanjang bentangan memiliki nilai resistivitas  $0,525\Omega\text{m} - 2,18\Omega\text{m}$  seperti pada gambar 4.3. lapisan yang memiliki nilai terendah menunjukkan adanya anomali karena adanya nilai resistivitas yang cukup kecil diantara lapisan yang lain dan memungkinkan bahwa lapisan yang memiliki nilai resistivitas terendah adalah air yang merupakan air danau yang sudah tercemar air laut menembus lapisan batuan sehingga terjadi intrusi air laut.

Hasil penampang kontur resistivitas pada lintasan kedua, setiap warna memiliki nilai resistivitas yang berbeda. Warna biru tua pada kedalaman 1,25 meter sampai 5 meter dan pada kedalaman 6,76 m – 13,4 m menandakan

resistivitas yang sangat rendah yaitu  $1,38\Omega m - 1,51\Omega m$  dan  $0,525\Omega m - 1,38\Omega m$  ini merupakan lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil terendam air laut. Warna biru – biru muda – biru tosca pada kedalaman 1,25 m – 13,4 m memiliki nilai resistivitas yaitu  $1,38\Omega m - 2,18\Omega m$  ini merupakan lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut. Warna hijau tosca – hijau muda – hijau tua – hijau lumut pada kedalaman 1,25 m – 13,4 m memiliki nilai resistivitas  $2,18\Omega m - 4,51\Omega m$  ini merupakan lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil terendam dalam air laut. Warna kuning – coklat – merah – merah tua berada pada kedalaman 9,94 meter sampai 13,4 meter memiliki nilai resistivitas semakin tinggi dari sebelumnya yaitu sekitar  $6,5\Omega m - 10,74\Omega m$  merupakan lapisan air tanah, pasir lempung dan alluvium. Maka jenis tanah/batuan lapisan penyusun dapat diinterpretasikan seperti tabel 3.

**Tabel 3.** Distribusi Lapisan Permukaan Bawah Tanah Lintasan II

Warna Kontur	Kedalaman (m)	Resistivitas ( $\Omega m$ )	Interpretasi
Biru Tua 	1,25 – 5 dan 6,76 – 13,4	1,38 – 1,51 dan 0,525 – 1,38	Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut.
Biru Muda 	1,25 – 13,4	1,38 – 2,18	Lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut.
Biru Tosca 			
Hijau Tosca 			
Hijau Muda 			
Hijau Tua 			
Hijau Lumut 			

Kuning				terendam air laut.
Cokelat				lapisan air tanah,
Merah	9,94	–	6,50	– pasir,
Merah Tua	13,4		10,74	lempung dan alluvial.

### Hasil Interpretasi dengan *Software Res2dinv* Lintasan I

Analisis resistivitas yang terdapat pada lintasan I bentuk penampang melintang terlihat bahwa susunan tiap lapisan bahwa permukaan tidak mendatar terhadap bidang vertikal dengan nilai resistivitas masing-masing berdasarkan jenis material atau batuan yang terkandung pada lintasan I. Lapisan keseluruhan pada Lintasan I ditemukan material yang terendam air garam akibat intrusi air laut di Kota Cina yang ditunjukkan oleh kontur berwarna biru tua sampai hijau lumut dengan nilai resistivitas  $0,525\Omega m - 4,51\Omega m$  pada bentangan 5 m – 70 m. Nilai resistivitas yang terkena intrusi berkisar antara  $0,5\Omega m - 5\Omega m$  (Telford, 1990).

### Lintasan II

Analisis data resistivitas pada Lintasan II masih ditemukan kandungan air garam diduga sebagai akibat intrusi air laut dengan nilai resistivitas  $0,525\Omega m - 4,51\Omega m$  terlihat warna biru tua sampai hijau lumut pada bentangan 5 m – 70 m. Nilai resistivitas yang terkena intrusi menurut (Telford, 1990) berkisar antara  $0,5\Omega m - 5\Omega m$ . Hasil interpretasi pada Lintasan I dibuktikan dengan nilai resistivitas untuk material yang terendam air laut yang hampir pada semua bentangan.

Intrusi adalah penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai. Intrusi yaitu proses terdesaknya air bawah tanah tawar oleh air laut di dalam akuifer pada daerah pantai (Hendrayana, 2002). Intrusi air laut (Hamid, 2000) menyebabkan air tanah menjadi terkontaminasi dari tawar, payau, hingga asin. Identifikasi keberadaan air tanah perlu dilakukan agar tidak terjadi perluasan intrusi air laut. Intrusi air laut menimbulkan dampak yang sangat luas terhadap berbagai

aspek kehidupan, seperti gangguan kesehatan, penurunan kesuburan tanah, kerusakan bangunan dan lain sebagainya (Saputra, 1998).

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di beberapa daerah penelitian yang berbeda, di temukan bahwa faktor yang paling mempengaruhi terjadinya intrusi air laut disebabkan adanya eksploitasi air tanah secara berlebihan, sehingga menurunnya tekanan air tanah dan mempermudah air laut untuk masuk melalui pori-pori lapisan akuifer (Situmorang, 2003).

Metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat intrusi air laut yaitu menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik adalah suatu pengukuran tahanan jenis dengan mengalirkan arus listrik ke dalam batuan atau tanah melalui elektroda arus. Metode resistivitas dapat dimanfaatkan untuk studi masalah lingkungan, yaitu mendeteksi perbandingan resistivitas medium dan daerah terintrusi. Resistivitas daerah yang terintrusi ditemukan dalam tiga lintasan dengan pengukuran volume air laut yang berbeda. Lintasan pertama terjadi intrusi air laut yang cukup besar dengan nilai resistivitas 1,08 - 4,12  $\Omega$ m, lintasan kedua hanya sedikit terjadi intrusi air laut dengan nilai resistivitas 4,54  $\Omega$ m, dan lintasan ketiga terjadi intrusi air laut yang sangat besar dan hampir terjadi pada seluruh betangan dengan nilai resistivitas 0,512 - 3,74v  $\Omega$ m (Cristi, 2013).

**Analisa Data dan Pembahasan Konduktiviti meter Air Laut**

Data hasil penelitian yang diperoleh Daya Hantar Listrik (DHL) air laut sebagai fungsi jarak dan Daya Hantar Listrik (DHL) air sumur gali sebagai fungsi jarak dan kedalaman sumur, pH, suhu air dan salinitas.

Hasil Pengukuran sampel air laut dari titik acuan (garis pantai) sampai air laut murni dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Daya Hantar Listrik (DHL) Air Laut Sebagai Fungsi Jarak

No	Kode Sampel	Jarak (m)	DHL ( $\mu$ mho/cm)	Suhu ( $^{\circ}$ C)	Salinitas (mg/L)
1	Titik Acuan	200	31650	27,5	15600
2	AL 1	2000	32600	27,6	16200
3	AL 2	3500	33450	27,7	16800
4	AL 3	5000	33800	27,7	17400

5	AL 4	7000	34500	27,8	17100
---	------	------	-------	------	-------

**Air Sumur Gali**

Hasil Pengukuran sampel air sumur gali di Kota Cina Sekitaran danau Siombak dari titik acuan (garis pantai) Belawan dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pengukuran DHL dan Tingkat Keasaman Air Sumur Gali

Kode Sampel	Jarak (m)	Ke		Suhu ( $^{\circ}$ C)	pH (mg/L)	Salinitas (mg/L)
		-	DHL ( $\mu$ mho/cm)			
SG 1	11000	4	202,4	28,1	7,1	103,5
SG 2	11100	6	201,1	28,3	7,3	68,0
SG 3	11150	5	201,5	28,2	7,2	67,4
SG 4	11250	4	204,7	28,7	7,4	71,2
SG 5	11300	6	201,8	28,2	7,2	69,3
SG 6	11450	6	201,8	28,6	7,1	67,9
SG 7	11500	5	202,8	28,4	7,8	74,2
SG 8	11600	7	200,3	28,4	7,7	69,1
SG 9	11750	4	201,5	28,8	7,3	131,2
SG 10	11800	6	203,1	28,0	7,9	65,2
SG 11	11900	7	201,8	28,2	7,4	135,8
SG 12	11950	6	202,7	28,9	7,2	68,3
SG 13	12000	5	203,2	28,2	7,7	65,1
SG 14	12100	5	200,9	28,7	7,6	67,5
SG 15	12150	6	200,1	28,9	7,2	64,8
SG 16	12250	6	200,7	28,3	7,1	123,7
SG 17	12300	7	201,2	29,0	7,9	65,9

SG 18	12400	7	200,9	28,1	7,7	62,3
SG 19	12450	6	200,2	28,1	7,4	68,1
SG 20	12500	5	201,1	28,5	7,4	65,7

Data analisa pengukuran tingkat keasaman (pH) air sumur gali diketahui bahwa air sumur gali di Kota Cina memiliki standar kelayakan untuk dikonsumsi. Standar kelayakan pH untuk air minum adalah 6,5 – 8,5. Hasil analisa tingkat salinitas air sumur gali di Kota Cina memiliki standar kelayakan untuk dikonsumsi dan dikategorikan kedalam konsentrasi garam sangat bagus. Nilai standar air layak konsumsi berdasarkan nilai TDS adalah <500 mg/L dan nilai salinitas air dikategorikan sangat bagus berdasarkan konsentrasi garam yaitu <175 mg/L. Analisa berdasarkan Daya Hantar Listrik air sumur gali di Kota Cina sudah sedikit terintrusi air laut yaitu berdasarkan nilai standar Daya Hantar Listrik air minum layak konsumsi  $\leq 200,00 \mu\text{mho/cm}$ . Nilai daya Hantar Listrik yang melebihi batas standar atau sudah dikatakan sedikit terintrusi berpengaruh buruk terhadap peninggalan atau candi yang ada di Kota Cina maka diperlukan upaya penyelamatan agar tidak mengalami kerusakan.

**Tabel 6.** Klasifikasi Intrusi Air Laut Berdasarkan Daya Hantar Listrik (DHL).

No	Klasifikasi Intrusi	Batas Konduktivitas $\mu \frac{mho}{cm}, 25^{\circ}C$
1	Tidak Terintrusi	$\leq 200,00$
2	Terintrusi Sedikit	200,01 – 229,24
3	Terintrusi Sedang	229,25 – 387,43
4	Terintrusi Agak Tinggi	387,44 – 534,67
5	Terintrusi Tinggi	$\geq 534,67$

( Davis dan Wiest,1996)

Tingkat intrusi pada sumur gali di Kota Cina Kecamatan Medan Marelan dapat diklasifikasikan seperti pada tabel 7:

**Tabel 7.** Klasifikasi Intrusi Air Laut Pada Sumur Gali Berdasarkan Daya Hantar Listrik

Kode Sam-pel	Jarak (m)	Kedalaman (m)	DHL ( $\mu\text{mho/cm}$ )	Klasifikasi Intrusi
SG 1	11000	4	202,4	Terintrusi Sedikit
SG 2	11100	6	201,1	Terintrusi Sedikit
SG 3	11150	5	201,5	Terintrusi Sedikit
SG 4	11250	4	204,7	Terintrusi Sedikit
SG 5	11300	6	201,8	Terintrusi Sedikit
SG 6	11450	6	201,8	Terintrusi Sedikit
SG 7	11500	5	202,8	Terintrusi Sedikit
SG 8	11600	7	200,3	Terintrusi Sedikit
SG 9	11750	4	201,5	Terintrusi Sedikit
SG 10	11800	6	203,1	Terintrusi Sedikit
SG 11	11900	7	201,8	Terintrusi Sedikit
SG 12	11950	6	202,7	Terintrusi Sedikit
SG 13	12000	5	203,2	Terintrusi Sedikit
SG 14	12100	5	200,9	Terintrusi Sedikit
SG 15	12150	6	200,1	Terintrusi Sedikit
SG 16	12250	6	200,7	Terintrusi Sedikit
SG 17	12300	7	201,2	Terintrusi Sedikit
SG 18	12400	7	200,9	Terintrusi Sedikit
SG 19	12450	6	200,2	Terintrusi Sedikit
SG 20	12500	5	201,1	Terintrusi Sedikit

Hasil analisis diperoleh bahwa tingkat intrusi tertinggi pada sumur gali yang berjarak 11250 m atau dekat dengan danau siombak yaitu dengan nilai Daya Hantar Listrik 204,7  $\mu\text{mho/cm}$ . Davis dan Wiest (1996) menyebutkan dalam bukunya bahwa klasifikasi intrusi air laut tertinggi berdasarkan konduktivimeter listrik adalah  $\geq 534,67 \mu\text{mho/cm}$ . Klasifikasi intrusi air laut tertinggi menunjukkan bahwa faktor kedalaman dan faktor jarak tidak mempengaruhi tingkat Daya Hantar Listrik (DHL) pada sumur gali tetapi ada faktor lain yaitu aktivitas masyarakat, faktor batuan penyusun berupa pasir menyebabkan air laut mudah masuk ke air tanah, faktor lingkungan lain seperti ketinggian muka air tanah atau air permukaan, sifat fisis batuan dan pemanfaatan air tanah.

Kota Cina berada 11 km dari Laut Belawan atau dari garis pantai. Kota Cina bisa mengalami intrusi air laut dikarenakan adanya danau siombak yang setiap hari mengalami pasang surut relatif sama. Danau Siombak merupakan danau pasut yang terletak di pesisir Kota Medan Provinsi Sumatera Utara. Danau terbentuk dari kegiatan pengerukan pasir pembangunan tol Belawan-Medan-Tanjung Morawa (Belmera) pada akhir tahun 1980an. Luas Danau Siombak mencapai 28 ha dengan kedalaman rata-rata 4,38 m saat surut dan 6,25 m saat pasang (Muhtadi et al. 2017). Danau Siombak unik karena aliran sungai yang masuk ke danau melalui Sungai Belmera sepanjang 12 km dari Belawan (Selat Malaka) terpengaruh oleh pasang-surut air laut.

Hasil penelitian Muhtadi *et al.* (2017) menemukan muka air tertinggi di Danau Siombak adalah 191 cm dengan elevasi air terendah adalah 4 cm dan rata-rata yang terukur adalah 109,77 cm. Perubahan muka air danau terjadi terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan tinggi yang relatif sama dalam sehari semalam. Kondisi perairan danau pasut sangat dinamis oleh adanya dinamika pasut air laut (Selat Malaka). Danau pasang-surut (danau pasut = *tidal lake*) merupakan danau pesisir yang kondisi perairannya dipengaruhi oleh dinamika pasut. Contoh danau pasut di dunia antara lain: Danau St. Lucia (Afrika Selatan), The Coorong (Australia), Laguna de Terminos (Mexico), Danau Pontchartrain dan Mississippi Sound (USA), dan Danau Wadden Zee (The Netherlands-Denmark) (Kjerfve 1994). Daerah

tropis sendiri danau pasut terdapat di Lagoa dos Patos dan Lagoa de Araruama (Brazil), Danau Maracaibo (Venezuela), Danau Nokue (Benin), Laguna Lagos (Nigeria), Danau Chilika (India), Danau Songkla (Thailand), Laguna Teluk Belukar (Nias-Indonesia) dan Danau Siombak (Medan-Indonesia).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil pengolahan data yang diperoleh dapat disimpulkan :

1. Struktur batuan bawah permukaan di daerah Kota Cina Kelurahan Payah Pasir Kecamatan Medan Marelan yaitu lapisan air tanah, lempung, pasir dan kerikil yang terendam air laut dapat dilihat pada lintasan I dan Lintasan II yang memiliki nilai resistivitas 0,525  $\Omega\text{m}$  – 4,51  $\Omega\text{m}$  pada bentangan 5 m -7 m.
2. Nilai Daya Hantar Listrik (DHL), suhu, pH, dan salinitas air sumur gali di Kota Cina diperoleh yaitu nilai DHL 202,69  $\mu\text{mho/cm}$ , dengan salinitas 78,71 mg/L, pH 7,43, dan suhu 28,43°C.
3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan Situs Kota Cina telah terintrusi sedikit dilihat dari parameter yang telah diukur.

### Saran

Hasil penelitian yang dilakukan maka disarankan :

1. Melakukan penelitian dengan menggunakan metode-metode lain yang hasilnya berupa pemodelan tiga dimensi.
2. Melihat Kawasan Kota Cina telah terintrusi maka sebaiknya dilakukan bfewupaya perlindungan pada peninggalan-peninggalan atau candi yang telah dieskavasi ataupun belum agar tidak mengalami kerusakan atau punah.

## DAFTAR PUSTAKA

Asmito.,(1988), *Sejarah Kebudayaan Indonesia*, Ikip Semarang University Press, Semarang.

- BPCB Aceh Besar., (2012). *Monitoring Pra Penataan Lingkungan Di Kab. Samosir, Monitoring Situs-Situs Yang Dipelihara Di Kota Medan Dan Sekitarnya Tahun 2012*. Aceh Besar: BPCB. (tidak diterbitkan).
- Davis, S.N dan Wiest, R.J.M., (1996), *Hydrogeology*, Jhon Willey dan Sons, Inc, New York.
- Hamid., (2000). Kondisi Air Tanah Dangkal yang Terintrusi Air Asin. *Artikel Lingkungan dan Pembangunan* : Vol.20 (4):255-278.
- Hendrayana., (2002). *Intrusi Air Asin Ke Dalam Akuifer di Daratan*. Universitas Gajah Mada : Yogyakarta.
- Kjerfve B.,(1994). Coastal Lagoons. In Kjerfve, B. (ed.), *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series, 60 : 1-8.
- McKinnon, Edmund Edwards., (1984). *Kota Cina Its Context And Meaning in The Trade of Southeast Asia In The Twelfth to Fourteenth Centuries*. Disertasi. London: Cornell University.
- Muhtadi A, Yunasfi, Leidonald R, Sandy SD, Junaidy A, Daulay AT. 2016. *Status limnologis danau siombak*, Kota Medan, Provinsi Sumatra Utara. *Oseanologi dan Limnologi Di Indonesia*, 1(1):39–55.
- Saputra, S., (1998). Telaah Geologi Terhadap banjir dan Rob Kawasan Pantai Semarang, *Jurnal Ilmu Kelautan* 3 (10) : 85-92
- Situmorang, R. (2003), *Pendeteksian Instrusi Air Laut Di Sekitar Kawasan Industri Medan dengan Metode Konduktivitas Listrik di Kecamatan Medan Belawan*, PPS USU: Medan.
- Telford. W. M., (1990), *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press : New Tork