

Identifikasi Intrusi Air Laut Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Pantai Tanjung Gondol Kabupaten Bengkayang

Victor Hutabarat^a, Yudha Arman^{a*}, Andi Ihwan^a

^aJurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

*Email : Yudhaarman@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan Identifikasi Intrusi Air Laut di Pantai Tanjung Gondol Kabupaten Bengkayang dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis 2D. Data yang digunakan untuk pemodelan struktur bawah permukaan adalah data hasil pengukuran menggunakan konfigurasi elektroda *Wenner-Schlumberger* sebanyak 5 (lima) lintasan, dengan panjang setiap lintasan 240 m dan jarak antar elektroda 5 m. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa struktur batuan daerah pengukuran didominasi oleh batuan kuarsa, batu pasir, kerikil kering, basal dan granit. Sebagian besar struktur batuan daerah pengukuran telah mengalami intrusi air laut, terutama daerah yang dekat dengan pantai.

Kata kunci: *Intrusi Air Laut, Metode Geolistrik, Wenner-Schlumberger*

1. Pendahuluan

Intrusi air laut merupakan suatu peristiwa penyusupan atau meresapnya air laut kedalam air tanah. Kasus intrusi air laut merupakan masalah yang sering terjadi di daerah persisir pantai. Masalah ini selalu terkait dengan kebutuhan air bersih, dimana air bersih merupakan air yang layak untuk dikonsumsi. Rusaknya air tanah pada daerah persisir pantai ditandai dengan keadaan air yang tidak bersih dan rasanya asin [1].

Kebutuhan air akan terus meningkat. Peningkatan kebutuhan air bersih sebanding dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berkembangnya suatu daerah. Semakin meningkatnya kebutuhan air bersih, maka eksploitasi air tanah akan semakin besar. Hal ini menyebabkan persediaan air tanah semakin berkurang sehingga mengakibatkan masuknya air laut kedalam *akuifer* [2].

Hasil survey lapangan yang telah dilakukan sebelumnya, daerah Tanjung Gondol merupakan daerah yang terletak pada wilayah persisir kota Singkawang. Pada daerah ini terdapat banyak bangunan yang merupakan fasilitas umum seperti gedung Perkantoran, Sekolah, Pasar, Lembaga Per masyarakatan (LP) dan beberapa industry rumah tangga.

Berdasarkan hasil survey diatas maka diduga terjadi eksploitasi air tanah, yang menyebabkan terjadinya intrusi air laut. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang Identifikasi Intrusi Air Laut ditempat tersebut menggunakan metode geolistrik. Dalam penelitian ini konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi

Wenner-Schlumberger karena konfigurasi ini dapat mengambil data secara *Sounding* maupun *Mapping* sekaligus [3].

2. Metodologi

2.1 Tempat Pengamatan



Gambar 1. Lokasi lintasan pengukuran data (Google Earth, 2015) [4]

2.2 Metode Resistivitas

Metode resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat resistivitas dari lapisan batuan di dalam bumi. Prinsip metode resistivitas adalah dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi melalui kontak dua elektroda arus, kemudian diukur distribusi potensial yang dihasilkan [5].

Harga tahanan jenis suatu bahan dapat dituliskan sebagai [6].

$$R = \rho \frac{A}{L} = \frac{\rho}{K} \tag{1}$$

Dengan, R = Resistansi yang diukur (Ω)
 P = Tahanan Jenis bahan (Ωm)
 L = Panjang (m)
 A = Luas penampang (m^2)
 K = Faktor Geometri

2.3 Resistivitas Batuan

Resistivitas batuan bervariasi menurut jenis batuan, porositas dan kandungan fluida (minyak, air, gas). Kebanyakan mineral membentuk batuan penghantar listrik yang tidak baik walaupun beberapa logam asli dan grafik menghantarkan listrik resistivitas yang terukur. Pada material bumi utamanya ditentukan oleh pergerakan ion-ion bermuatan dalam pori-pori fluida. Air tanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuan untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik variasi resistivitas material bumi [6].

Tabel 1. Variasi Resistivitas Material Bumi (Batuan)

| Material | Resistivitas (Ohm-meter) |
|-----------------------------|---|
| Air (Udara) | - |
| Pyrite (Pirit) | 0,01-100 |
| Quartz (Kwarsa) | 500-800.000 |
| Calcite (Kalsit) | 1×10^{12} - 1×10^{13} |
| Rock Salt (Garam Batu) | $30 - 1 \times 10^{13}$ - |
| Granite (Granit) | 200-100.000 |
| Andesite (Andesit) | $1,7 \times 10^2$ - 45×10^{14} |
| Basalt (Basal) | 200-100.000 |
| Limestones (Gamping) | 20-99 |
| Sandstones (Batu Pasir) | 200-8.000 |
| Shales (Batu Tulis) | 20-2.000 |
| Sand (Pasir) | 1-1.000 |
| Clay (Lempung) | 1-100 |
| Ground Water (Air Tanah) | 0,5-300 |
| Sea Water (Air Asin) | 0,2 |
| Magnetite (Magnetit) | 0,01-1.000 |
| Dry Gravel (Kerikil Kering) | 600-10.000 |
| Alluvium (Aluvium) | 10-800 |
| Gravel (Kerikil) | 100-600 |
| Bauxite (Bauksit) | 200-6.000 |

(Sumber: Telford, 1990) [6]

Tabel 2. Daftar harga resistivitas batuan

| Jenis batuan | Harga resistivitas (Ohm-meter) |
|----------------------------------|--------------------------------|
| Batu lampung | 1-10 |
| Pasir | 20-80 |
| Batu gamping | 100 |
| Batu gamping mengandung air | 80-200 |
| Pasir mengandung air | 0.1-0.9 |
| Batu gamping mengandung air asin | 10-99 |
| Batu pasir mengandung air | 20-90 |

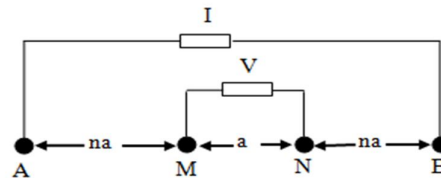
(Sumber: Sampurno, 2007) [7].

2.4 Konfigurasi Wenner-Schlumberger

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor "n" untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda A-M (atau B-N) adalah $2na + a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus [3].

Faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah :

$$K = \pi n(n + 1)a \tag{2}$$



Gambar 2. Pengaturan elektroda konfigurasi *Wenner-Schlumberger* [3]

2.5 Resistivitas Semu

Telford (1990) menyatakan bahwa struktur bawah permukaan merupakan suatu sistem perlapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda. Faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas diantaranya adalah homogenitas tiap batuan, kandungan mineral logam, kandungan air, porositas, permeabilitas, suhu dan umur geologi batuan. Kondisi demikian menyebabkan nilai resistivitas yang muncul apabila dilakukan pengukuran bukanlah nilai resistivitas sebenarnya, melainkan nilai kombinasi dari resistivitas berbagai macam batuan. Nilai resistivitas disetiap titik akan memiliki besar yang berbeda, sehingga menyebabkan bidang *equipotensial* menjadi tidak beraturan.

Hasil asli data pengukuran lapangan ini disebut tahanan jenis semu (resistivitas semu). Tahanan jenis semu medium yang terukur dihitung menjadi [8]:

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{I} \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)} \quad (3)$$

Dari persamaan 3 kelompok parameter yang berdimensi jarak dinotasikan sebagai K yang disebut sebagai faktor geometri.

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (4)$$

K merupakan tetapan yang mana nilainya tergantung pada konfigurasi atau susunan elektroda yang digunakan pada saat pengukuran. Sehingga secara ringkas persamaan menjadi,

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

Dengan demikian secara otomatis nilai resistivitas semu dapat dihitung dengan catatan disesuaikan dengan tetapan konfigurasi elektroda yang digunakan pada saat pengukuran [7].

2.6 Pengolahan Data

Data yang sudah diperoleh merupakan data geolistrik resistivitas berupa kuat arus listrik dan tegangan, yang nantinya dimasukkan ke dalam persamaan resistivitas semu untuk memperoleh nilai resistivitas guna mengetahui sejauh mana air laut menerobos ke daratan sebagai penyebabnya Intrusi Air Laut di Pantai Tanjung Gondol.

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Res2Dinv 3.58 yang digunakan untuk mengetahui struktur lapisan intrusi air laut bawah permukaan perlintasan.

2.7 Analisis dan Interpretasi Data

Terdapat 5 lintasan dengan panjang tiap lintasan 240 m dengan jarak antar elektroda 5 m. Setiap lintasan dalam penelitian ini untuk mengetahui jangkauan intrusi air laut dan potensi dari struktur lapisan bawah permukaan di daerah Pantai Tanjung Gondol.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Penampang Resistivitas Lintasan 1

Lintasan 1 titik awalnya terletak pada koordinat $0^{\circ}49'909''N$, $108^{\circ}51'844''E$, ke arah

Barat Daya dengan sudut (210 N). Penampang resistivitas dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada penampang lintasan 1 tersebut terlihat bahwa resistivitas terkecil ditunjukkan dengan warna biru tua ($13,4 \Omega m - 33,5 \Omega m$), nilai tersebut diduga sebagai batu gamping mengandung air asin yang terletak pada rentang jarak (120 m - 200 m) yang menyebabkan struktur menjadi sangat rapuh sehingga mudah mengalami deformasi, sedangkan resistivitas terbesar ditunjukkan dengan warna biru muda sampai warna ungu memiliki nilai resistivitas ($84,1 \Omega m - 8349 \Omega m$), nilai tersebut dapat diestiminasikan sebagai lapisan kuarsa, batu pasir, kerikil kering, dan batu gamping mengandung air tawar. Secara umum, pola lapisan cukup selaras. Namun, karena kandungan air laut yang cukup besar pada jarak (120 m - 200 m) dan kedalaman (10 m - 15 m) menyebabkan struktur menjadi relatif lunak, hal ini disebabkan karena jarak lintasan 1 berjarak 100 m dari bibir pantai dan sejajar dengan garis pantai.

3.2 Penampang Resistivitas Lintasan 2

Arah lintasan 2 ke arah Tenggara dengan sudut (165 N) dan titik awalnya terletak pada koordinat $0^{\circ}49'824''N$, $108^{\circ}51'928''E$. Penampang resistivitas listrik bawah permukaan sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Lapisan dengan nilai resistivitas terbesar terlihat dipermukaan hingga kedalaman 40 m. Lapisan ini diduga merupakan batuan beku yang berasal dari sisi kiri lintasan pengukuran. Hal ini diduga terjadi karena adanya TOMS yang memiliki nilai resistivitas yang cukup besar. Penampang lapisan 2 menunjukkan bahwa pada resistivitas terbesar ditunjukkan dengan warna hijau tua-warna ungu dengan nilai resistivitas ($326 \Omega m - 2139 \Omega m$). Dari tabel 1, maka nilai tersebut diestiminasikan sebagai batu pasir, kuarsa, basal, kerikil, kerikil kering, granit, dan bauksit, sedangkan pada warna biru muda-hijau tua dengan nilai resistivitas ($92,8 \Omega m - 174 \Omega m$) diasumsikan sebagai batu gamping mengandung air. Secara umum, pola lapisan cukup selaras. Namun, kandungan air yang cukup besar pada jarak (125 m - 150 m) menyebabkan struktur menjadi relatif lunak. Sementara itu, nilai resistivitas terkecil, yaitu sebesar ($26,5 \Omega m - 49,6 \Omega m$), ini diduga merupakan batu pasir mengandung air yang menyebabkan struktur menjadi sangat rapuh hingga mudah mengalami deformasi. Pada penampang lintasan 2 tidak ditemukan adanya intrusi air laut, hal ini disebabkan karena jarak pada lintasan 2 jauh dari pantai dan tegak lurus dari bibir pantai.

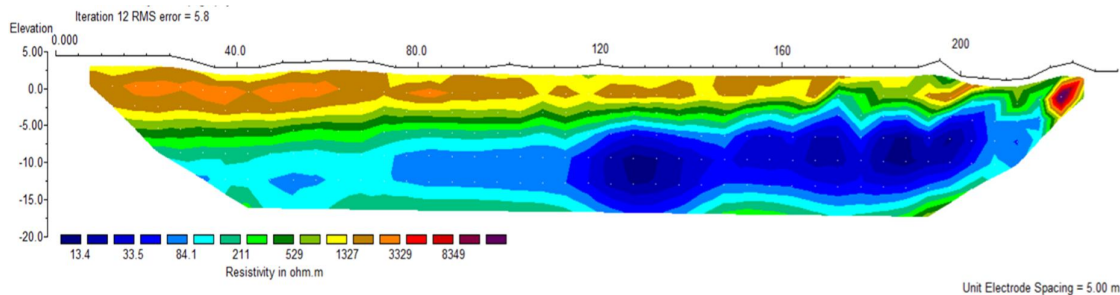
3.3 Penampang Resistivitas Lintasan 3

Lintasan 3 terletak pada koordinat 0°49'804"N, 108°51'877"E, dan ke arah Barat Daya dengan sudut (125 N). Penampang resistivitas bawah permukaan sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 5.

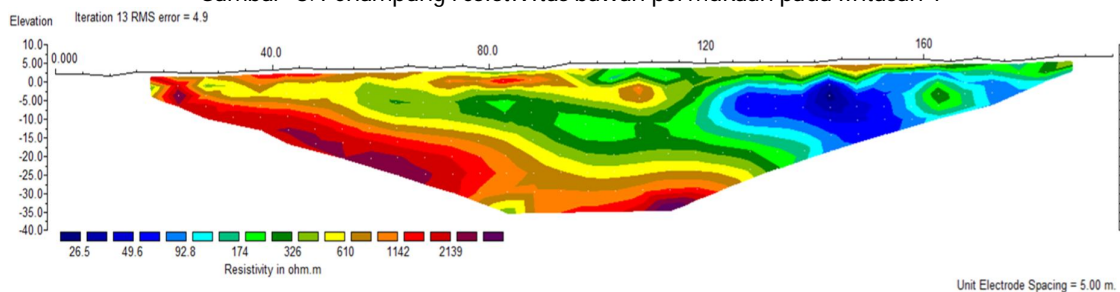
Lintasan ini dapat diduga lapisan air laut (air asin) dengan resistivitas terkecil sebesar (4,55 Ωm - 66,8 Ωm). Lapisan ini terletak dengan rentang jarak (20 m - 180 m) dari titik awal lintasan dengan rentang kedalaman (5 m -15 m) dari permukaan ditandai warna biru tua sampai biru muda, yang diestiminasikan sebagai batu

gamping mengandung air asin, hal ini disebabkan pada lintasan 3 tegak lurus dengan garis pantai sehingga penampang intrusi air laut dengan mudah mengalami deformasi dan menerobos ke daratan.

Diperkirakan lapisan paling bawah yang berwarna hijau muda hingga warna ungu menunjukkan nilai resistivitas terbesar dengan nilai sebesar (256 Ωm - 55173 Ωm), hal tersebut dapat diprediksi sebagai batu pasir, bauksit, kuarsa, granit, kerikil kering, dan batuan basal dengan rentang kedalaman (20 m - 40 m).



Gambar 3. Penampang resistivitas bawah permukaan pada lintasan 1



Gambar 4. Penampang resistivitas bawah permukaan pada lintasan 2

3.4 Penampang Resistivitas Lintasan 4

Arah lintasan 4 ke arah Selatan dengan sudut (158 N) dan titik awalnya terletak pada koordinat 0°49'830"N, 108°51'794"E. Penampang resistivitas bawah permukaan sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 6.

Penampang lintasan 4 menunjukkan bahwa pada resistivitas terbesar ditunjukkan dengan warna hijau tua hingga warna ungu dengan nilai resistivitas (146 Ωm - 23811 Ωm). Dari tabel 1, nilai tersebut diestiminasikan sebagai batu kerikil, bauksit, kerikil kering, batu pasir, basal, granit, dan batuan kuarsa. Namun, kandungan air yang cukup besar pada kedalaman 10 m dengan jarak (10 m - 120 m) menyebabkan struktur menjadi relatif lunak. Sementara itu, nilai resistivitas terkecil, yaitu sebesar (3,21 Ωm - 40,9 Ωm) yang ditunjukkan dengan warna biru tua hingga biru muda terlihat pada jarak (10 m - 120 m), ini diduga batu gamping mengandung air asin, hal ini disebabkan karena pada lintasan 4 tegak lurus dengan garis pantai

sehingga penampang intrusi air laut dengan mudah mengalami deformasi.

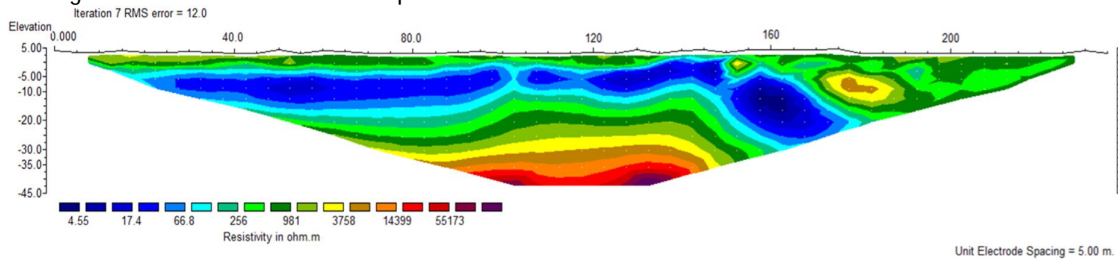
3.5 Penampang Resistivitas Lintasan 5

Lintasan 5 arah lintasan berada pada arah Selatan dengan sudut (158 N) dan titik awalnya terletak pada koordinat 0°49'815"N, 108°51'779"E. Penampang resistivitas bawah permukaan sebenarnya pada lintasan 5 dapat dilihat pada Gambar 7.

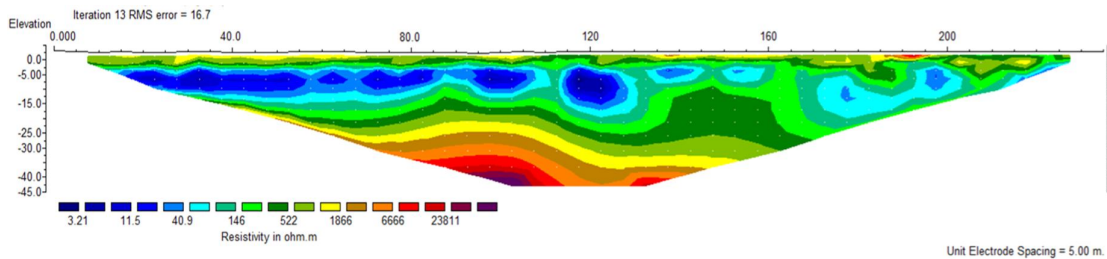
Penampang lintasan 5 menunjukkan nilai resistivitas terkecil, yaitu sebesar (1,75 Ωm - 21,0 Ωm) yang ditunjukkan dengan warna biru tua hingga biru muda terlihat (10 m - 120 m), ini diduga batu pasir mengandung air, batu lempung dan batu gamping mengandung air asin yang menyebabkan struktur menjadi sangat rapuh sehingga mudah mengalami deformasi dan intrusi air laut yang menerobos ke daratan. Sementara itu, nilai resistivitas terbesar ditunjukkan dengan nilai resistivitas (7,29 Ωm - 10510 Ωm) dengan warna hijau tua sampai

warna ungu dapat diestiminasikan sebagai batu pasir, kerikil kering, bauksit, kuarsa, granit, dan batu gamping. Namun kandungan air yang cukup besar pada jarak (10 m - 120 m) dengan rentang kedalaman 10 m di atas permukaan

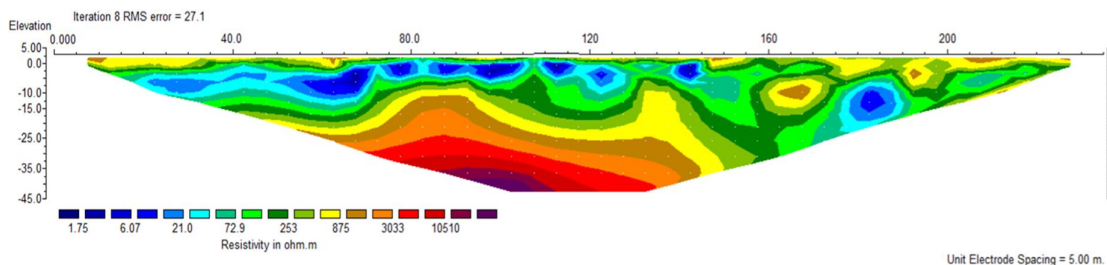
menyebabkan struktur menjadi relatif lunak, hal ini disebabkan karena lintasan 5 tegak lurus dengan garis pantai sehingga penampang intrusi air laut dengan mudah mengalami deformasi.



Gambar 5. Penampang resistivitas bawah permukaan pada lintasan 3



Gambar 6. Penampang resistivitas bawah permukaan pada lintasan 4



Gambar 7. Penampang resistivitas bawah permukaan pada lintasan 5

4. Kesimpulan

Sebagian besar daerah pengukuran telah mengalami intrusi air laut terutama pada lintasan 1, 3, 4 dan 5. Lintasan tersebut struktur bawah permukaannya didominasi oleh batu gamping mengandung air asin. Pada lintasan 2 tidak mengalami intrusi air laut, karena lintasan ini jauh dari bibir pantai. Dan diduga terdapat lapisan material batu pasir yang mengandung air di bawah permukaannya.

Daftar Pustaka

- [1] Sangkoro, D. (1979). *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Sosrodarsono, S., & Takeda, S. (2003). *Hidrologi Untuk Perairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [3] Sakka. (2001). *Metode Geolistrik Tahanan Jenis*. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

- [4] "Pantai kura-kura" 0°49'19.55"N and 108°50'53.05"E. **Google earth**. March 11, 2015. March 18 2016.
- [5] Sumartono, W., Arman, Y., & Putra, Y. S. (2013). Identifikasi Sebaran Bijih Besi di Kabupaten Bengkayang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas. *Prisma Fisika*, 1, 14-21.
- [6] Telford, W., Geldart, L., Sheriiff, R., & Keys, D. (1990). *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press.
- [7] Sampurno, J. (2007). *Pendugaan Potensi Air Bawah Tanah di Daerah Senaning Kabupaten Sintang Denga metode Geolistrik Resistivitas*. Pontianak: FMIPA Universitas Tanjungpura (Skripsi S1).
- [8] Reynold, J. (1998). *An Introduction to Applied and Environmetal Geophysics*. New York: John Willey and Sons.