

1	Judul Penelitian	: Pendeteksian Intrusi Air Laut Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Di Desa Candikusuma Kabupaten Jembrana Bali
2	Ketua Peneliti	
	a. Nama lengkap dengan gelar	: Komang Ngurah Suarbawa, S.Si., M.Si.
	b. Jenis Kelamin	: Laki-laki
	c. Pangkat/Golongan/NIP	: Penata Tk I/III-d/19700308 199802 1 001
	d. Jabatan Fungsional	: Lektor
	e. Fakultas/Jurusan	: MIPA/Fisika
	f. Universitas	: Udayana
	g. Bidang Ilmu yang diteliti	: Fisika Kebumian
3	Jumlah Tim Peneliti	: 1 Orang
4	Lokasi Penelitian	: Laboratorium Fisika Kebumian Fisika FMIPA Unud
5	Kerjasama	
	a. Nama Instansi	: -
6	Jangka Waktu Penelitian	: 10(sepuluh) bulan
7	Biaya Penelitian	: Rp. 7.500.000,-

Denpasar, Nopember 2014

Mengetahui,

Ketua Peneliti

Dekan FMIPA Unud

Ir. A.A. Gde Raka Dalem, M.Sc(Hons)

Km Ngr Suarbawa, S.Si.,M.Si.

NIP. 196507081992031004

NIP. 19700308 199802 1 001

**PENDETEKSIAN INTRUSI AIR LAUT DENGAN METODE GEOLISTRIK
RESISTIVITAS KONFIGURASI WENNER DI DESA CANDIKUSUMA KABUPATEN
JEMBRANA BALI**

Ringkasan

Telah dilakukan penelitian untuk mendeteksi terjadinya intrusi air laut di Desa Candikusuma, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana, Bali. Intrusi air laut merupakan salah satu pencemaran air tanah dimana membuat air tawar dalam tanah menjadi asin. Untuk mengetahui sejauh mana keberadaan air laut di bawah permukaan tanah digunakan metode geolistrik resistivitas karena air laut memiliki nilai resistivitas $0,2 \Omega m$. Metode geolistrik resistivitas didasari oleh hukum Ohm, bertujuan mengetahui berbagai material yang berada di bawah lapisan tanah berdasarkan pada distribusi nilai resistivitasnya. Dengan menginjeksikan arus melalui dua elektroda arus maka beda potensial yang muncul dapat diukur dengan elektroda potensial. Variasi harga resistivitas akan didapatkan jika jarak masing-masing elektroda diubah, sesuai dengan konfigurasi alat yang dipakai yaitu konfigurasi Wenner. Spasi terkecil yang digunakan untuk semua lintasan adalah 5 m. Data yang diperoleh dari hasil pengambilan data dianalisa dengan *Software Res2dinv*. Dimana dari *Software Res2dinv* dihasilkan penampang 2-D, yang menunjukkan keberadaan air laut yang terdeteksi pada lintasan 1 yang memiliki panjang 80 m dengan nilai resistivitas $0,291 \Omega m$, lintasan 2 dengan panjang 150 m dengan nilai resistivitas $0,257 \Omega m$, lintasan 3 dengan panjang 150 m dengan nilai resistivitas $0,203 \Omega m$, dan lintasan 4 dengan panjang 150 m dengan nilai resistivitas $0,287 \Omega m$. Dari hasil analisa dengan *Software Res2dinv* intrusi air laut di Desa Candikusuma $\pm 470 m$ kedaratatan dari tepi pantai. Yang dimulai dari koordinat $8^{\circ}18'10,93''LS114^{\circ}31'49,26''BT$ hingga koordinat $8^{\circ}18'1,07''LS114^{\circ}31'59,41''BT$.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Penelitian ini dengan judul: “Pendeteksian Intrusi Air Laut Dengan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Di Desa Candikusuma Kabupaten Jembrana Bali” sesuai dengan jadwal.

Penelitian ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada: sahabat-sahabat di Lab. Fisika Kebumihan Jurusan Fisika FMIPA Unud yang telah banyak meluangkan waktunya untuk berdiskusi, saling memberikan masukan, dan saran demi terselesaikannya penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki. Maka dari itu segala koreksi dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan.

Denpasar, Nopember 2014

Penyusun

I. Pendahuluan

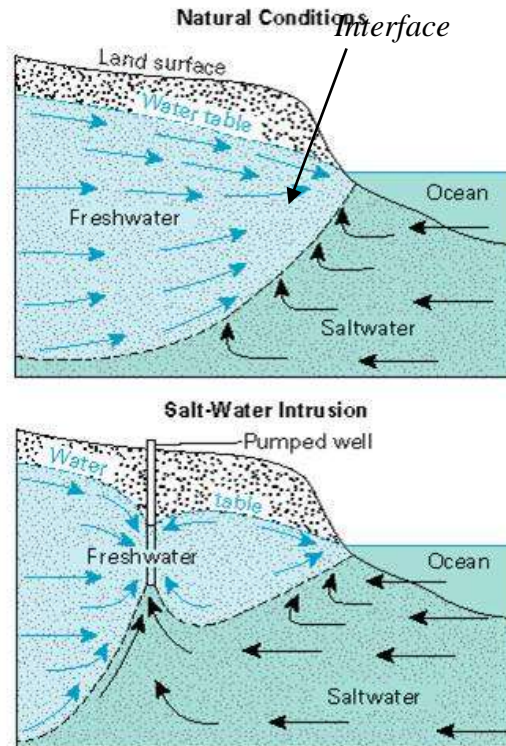
Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan di bumi. Walaupun air terdapat di alam secara berlimpah namun tidak semua air tersebut dapat dimanfaatkan sebagai air minum, seperti air laut karena tingkat keasinannya melebihi batas tertentu yang diizinkan untuk dikonsumsi manusia. Dampak pemanasan global yang mulai dirasakan saat ini banyak membuat permasalahan baru diantaranya terhadap meningkatnya volume air laut, yang dapat memudahkan penyebab terjadinya intrusi air laut semakin jauh ke daratan. Dimana pada daerah pemukiman warga di Desa Candikusuma, yang sebagian besar daerahnya berdekatan dengan laut yang memerlukan sumber air untuk memenuhi keperluan perumahan atau industri. Kebutuhan tersebut diharapkan sebagian besar dapat dipenuhi dari sumber air tanah dengan pembuatan sumur bor. Dengan terjadinya intrusi air laut ke dalam lapisan tanah dapat menyebabkan banyak sumur warga yang airnya sudah tercemar dan mengandung kadar garam yang cukup tinggi. Menanggapi permasalahan di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mendeteksi keberadaan air laut di bawah permukaan tanah yang telah mengalami pencemaran air laut sebagai akibat dari intrusi air laut ke lapisan akuifer. Dimana air laut sendiri memiliki nilai resistivitas $0,2 \Omega m^{[1]}$. Dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner dan *software Res2dinv* dapat dibuat penampang struktur 2-D bawah permukaan berdasarkan perbedaan nilai resistivitasnya, sehingga intrusi air laut dapat dideteksi.

II. Tinjauan pustaka

2.1. Intrusi Air Laut pada Lapisan Akuifer

Air laut memiliki berat jenis yang lebih besar dari pada air tanah akibatnya air laut akan mudah mendesak air tanah semakin masuk. Secara alamiah air laut tidak dapat masuk jauh ke

daratan sebab air tanah memiliki *piezometric* (tekanan yang ada dalam sebuah akuifer) yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuklah *interface* sebagai batas antara air tanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan air tanah.



Gambar 2.1 Kondisi *interface* yang alami dan sudah mengalami intrusi (Purnama, S. 2000).

Pada Gambar 2.1 dijelaskan keadaan *interface* yang alami dan keadaan yang sudah mengalami intrusi air laut. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 bagian atas keadaan *interfacenya* masih stabil dan tidak mengalami gangguan. Sedangkan pada Gambar 2.1 bagian bawah, kondisi *interfacenya* telah mengalami kerusakan akibat pemompaan air secara berlebihan sehingga air laut mudah masuk kesistem akuifer air tanah.

Masuknya air laut ke sistem akuifer disebut dengan intrusi air laut. Intrusi air laut di daerah pantai merupakan suatu proses penyusupan air laut dari laut ke dalam air tanah di

daratan. Zona pertemuan antara air laut dengan air tanah disebut *interface*. Pada kondisi alami air tanah akan mengalir secara terus menerus ke laut. Berat jenis air laut ($1,025 \text{ g/cm}^3$) sedikit lebih besar dari pada berat jenis air tanah ($1,000 \text{ g/cm}^3$), maka air laut akan mendesak air tanah di dalam tanah lebih ke hulu. Tetapi karena tinggi tekanan *piezometric* air tanah lebih tinggi dari pada muka air laut, desakan tersebut dapat dinetralkan dan aliran air yang terjadi adalah dari daratan ke laut. Sehingga terjadi keseimbangan antara air laut dan air tanah. Intrusi air laut terjadi bila keseimbangan terganggu. Aktivitas yang menyebabkan intrusi air laut diantaranya pemompaan yang secara berlebihan, meningkatnya volume air laut, karakteristik pantai, serta kekuatan air tanah ke laut. Proses intrusi makin panjang jika dilakukan pengambilan air tanah dalam jumlah berlebihan. Bila intrusi sudah masuk pada sumur, maka sumur akan menjadi payau sehingga tidak dapat lagi dipakai untuk keperluan sehari-hari. (Purnama, S. 2000).

2.2 Akuifer

Akuifer berasal dari bahasa latin yang berarti pembawa air. Sebagai pembawa air maka materialnya mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi. Porositas adalah perbandingan ruang dan seluruh volume pada batuan, yang dinyatakan dalam persentase. Permeabilitas didefinisikan sebagai daya suatu material untuk meloloskan cairan. Batuan yang memiliki porositas tinggi tetapi permeabilitas rendah, kurang baik sebagai akuifer karena kurang dapat mengalirkan air. Lapisan yang mampu menampung banyak air tetapi kurang dapat meloloskan air disebut akiklud, misalnya lempung. Air yang terperangkap dalam lempung terikat di sekitar butiran lempung sehingga tidak dapat mengalir.

Air tanah dangkal pada akuifer dengan material yang belum termampatkan di daerah beriklim kering menunjukkan konsentrasi unsur-unsur kimia yang tinggi terutama musim kemarau. Hal ini disebabkan oleh adanya gerakan kapiler air tanah dan tingkat evaporasi yang

cukup besar. Besar kecilnya material terlarut tergantung pada lamanya air berinteraksi dengan batuan. Semakin lama air berinteraksi dengan batuan semakin tinggi unsur-unsur yang terlarut di dalamnya. Di samping itu umur batuan juga mempengaruhi tingkat kegaraman air, sebab semakin tua umur batuan, maka semakin tinggi pula kadar garam-garam yang terlarut di dalamnya. (Wuryantoro. 2007)

2.5. Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode geolistrik yang digunakan untuk mempelajari sifat resistivitas dari lapisan batuan di bawah permukaan. Prinsip metode resistivitas adalah dengan mengalirkan arus listrik ke dalam bumi melalui kontak dua elektroda arus, kemudian diukur distribusi potensial yang dihasilkan. Resistivitas batuan bawah permukaan dapat dihitung dengan mengetahui besar arus yang dipancarkan melalui elektroda tersebut dan besar potensial yang dihasilkan.

Metode ini lebih efektif jika digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal, jarang memberikan informasi lapisan di kedalaman lebih dari 1000 kaki atau 1500 kaki. Oleh karena itu metoda ini jarang digunakan untuk eksplorasi minyak tetapi lebih banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, intrusi air laut, juga digunakan dalam eksplorasi panas bumi. (Telford, W. M. 1976).

2.6. Resistivitas Batuan

Dari semua sifat fisika batuan dan mineral, resistivitas memperlihatkan variasi harga yang sangat banyak. Pada mineral-mineral logam, nilainya berkisar pada $10^{-8} \Omega m$ hingga $10^7 \Omega m$. Begitu juga pada batuan-batuan lain, dengan komposisi yang bermacam-macam akan menghasilkan rentang resistivitas yang bervariasi pula. Sehingga rentang resistivitas maksimum yang mungkin adalah dari $1,6 \times 10^{-8}$ (perak murni) hingga $10^{16} \Omega m$ (belerang murni).

Konduktor biasanya didefinisikan sebagai bahan yang memiliki resistivitas kurang dari $10^{-8} \Omega m$, sedangkan isolator memiliki resistivitas lebih dari $10^7 \Omega m$. Secara umum, berdasarkan nilai resistivitas listriknya, batuan dan mineral dapat dikelompokkan menjadi tiga (Telford, W. M., 1976), yaitu:

- a) Konduktor : $10^{-8} < \rho < 1 \Omega m$
- b) Semikonduktor : $1 < \rho < 10^7 \Omega m$
- c) Isolator : $\rho > 10^7 \Omega m$

Harga resistivitas batuan bergantung pada jenis material, densitas, porositas, ukuran, bentuk pori-pori batuan, kandungan air, dan suhu. Dengan demikian tidak ada kepastian harga resistivitas untuk setiap macam batuan. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Harga Resistivitas Batuan dan Mineral.
(Telford, W. M., 1976).

No	Material	Resistivitas(Ωm)
1	<i>Air</i> (Udara)	0
2	<i>Sandstones</i> (Batu Pasir)	200 – 8.000
3	<i>Sand</i> (Pasir)	1 – 1.000
4	<i>Clay</i> (Lempung)	1 – 100
5	<i>Ground Water</i> (Air Tanah)	0.5 – 300
6	<i>Sea Water</i> (Air Laut)	0.2
7	<i>Dry Gravel</i> (Kerikil Kering)	600 – 10.000
8	<i>Alluvium</i> (Aluvium)	10 – 800
9	<i>Gravel</i> (Kerikil)	100 – 600

2.7. Prinsip Dasar Listrik

Banyak definisi-definisi yang digunakan pada metode geolistrik resistivitas antara lain:

- Resistansi : $R = V / I$
- Resistivitas : $\rho = E / J$
- Konduktivitas : $\sigma = 1 / \rho$

Dengan V : Beda potensial (V)

I : Besar arus listrik yang mengalir (A)

R : Resistansi (Ω)

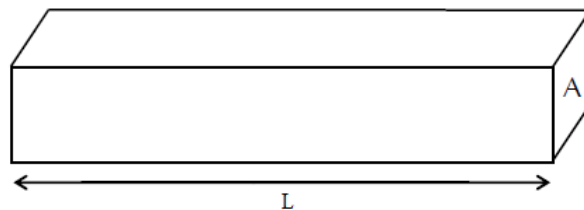
E : Medan listrik (Vm^{-1})

J : Rapat arus listrik (Am^{-2})

σ : Konduktivitas (Ωm)⁻¹

ρ : Resistivitas (Ωm)

Untuk sebuah konduktor dengan panjang L dan penampang A



Gambar 2.2 Konduktor dengan panjang L dan luas penampang A (Telford, W. M., 1976).

$$\vec{E} = V/L$$

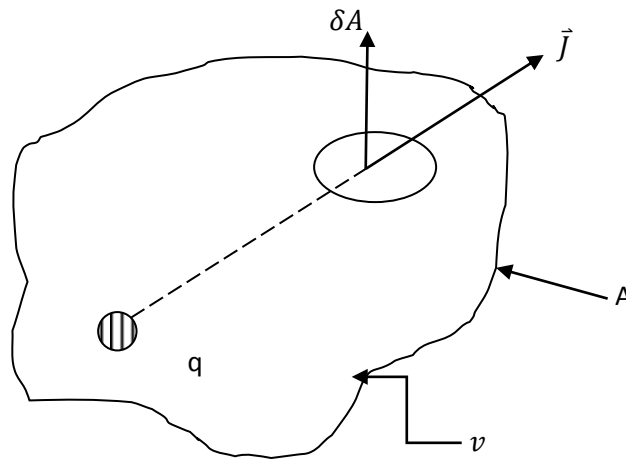
Sehingga diperoleh besar resistansi yaitu:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.1)$$

2.8. Aliran Listrik di Dalam Bumi

Bumi terdiri dari beberapa lapisan (non homogen) dengan ditandai adanya variasi nilai resistivitas yang berbeda, baik secara horizontal maupun vertikal. Untuk memudahkan

perhitungan maka metode geolistrik resistivitas mengasumsikan bahwa bumi memiliki sifat homogen isotropis. Homogen artinya setiap lapisan memiliki resistivitas yang sama, sedangkan isotropis adalah daya hantar listrik (konduktivitas) sama dengan nilainya untuk kesegala arah dari aliran arus listrik. Jika suatu arus yang kontinu dialirkan pada medium yang homogen isotropis, seperti Gambar 2.3. Jika δA adalah elemen luas permukaan dan \vec{j} kerapatan arus listrik dalam ampere/meter² maka besarnya elemen arus yang melalui elemen permukaan tersebut adalah (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990):



Gambar 2.3 Medium homogen isotropis dialiri listrik.

$$\delta I = \vec{j} \cdot \delta A \quad (2.2)$$

Sedangkan rapat arus J dan medan listrik E yang ditimbulkannya dihubungkan oleh hukum ohm yaitu:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (2.3)$$

Dengan:

\vec{E} : medan listrik (Vm^{-1})

σ : konduktivitas medium (Ωm)⁻¹

Medan listrik merupakan gradien dari potensial skalar (V) sehingga :

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V \quad (2.4)$$

$$\vec{j} = -\sigma \vec{\nabla} V \quad (2.5)$$

Jika di dalam medium yang dilingkupi oleh permukaan A tidak terdapat sumber arus maka:

$$\int_A \vec{j} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2.6)$$

Menurut teorema Gauss, integral volum dari divergensi arus yang keluar dari volume v yang dilingkupi permukaan A adalah sama dengan jumlah total muatan yang terdapat dipermukaan A, sehingga berlaku:

$$\int_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{j} dv = 0 \quad (2.7)$$

Dengan v sebagai volume yang sangat kecil, maka dengan mensubstitusikan persamaan (2.5) dengan (2.7) diperoleh:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = -\vec{\nabla} \cdot \vec{\nabla}(\sigma V) = 0 \quad (2.8)$$

$$\vec{\nabla} \sigma \cdot \vec{\nabla} V + -\sigma \vec{\nabla}^2 V = 0 \quad (2.9)$$

Jika konduktivitas listrik medium (σ) konstan sehingga persamaan 2.9 dapat ditulis persamaan Laplace:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (2.10)$$

Persamaan Laplace dalam koordinat bola dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0$$

Karena anggapan bumi homogen isotropis maka bumi mempunyai simetri bola, sehingga potensial V merupakan fungsi r saja, jika dituliskan berbentuk:

$$\begin{aligned} \nabla^2 V &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0 \\ \nabla^2 V &= \frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \left(\frac{2}{r} \right) \frac{\partial V}{\partial r} = 0 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Kemudian persamaan 2.11 dikalikan dengan r^2 dan diintegalkan maka diperoleh:

$$\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{A}{r^2} \quad (2.12)$$

Dengan mengintegalkan persamaan 2.12, sehingga jawaban umum persamaan Laplace adalah:

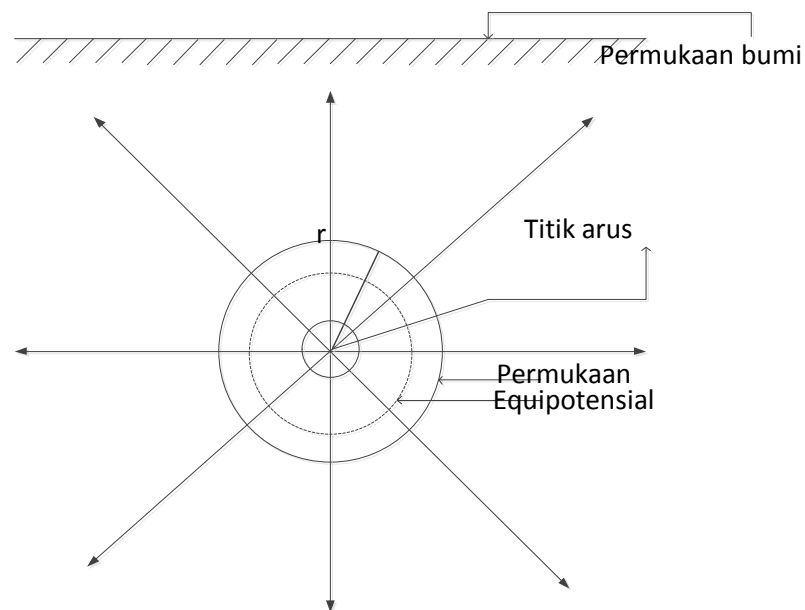
$$V(r) = -\frac{A}{r} + B \quad (2.13)$$

Dengan : A dan $B =$ konstanta

Jika syarat batas potensial yaitu untuk $r = \infty$ dan nilai $B=0$, maka $V=0$. Jika ini diterapkan pada persamaan 2.13 diatas maka akan diperoleh (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990):

$$V = -\frac{A}{r} \quad (2.14)$$

2.8.1. Potensial Disekitar Titik Arus di Dalam Bumi



Gambar 2.4 Potensial disekitar titik arus dalam bumi (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990).

Pada Gambar 2.4, arus keluar secara radial dari titik arus sehingga jumlah arus yang keluar melalui permukaan bola dengan jari-jari r adalah:

$$\begin{aligned} I &= 4\pi r^2 \vec{j} \\ &= 4\pi r^2 \left(-\sigma \frac{dV}{dr} \right) \\ &= -4\pi \sigma A \end{aligned}$$

Sehingga:

$$A = -\frac{I}{4\pi\sigma}$$

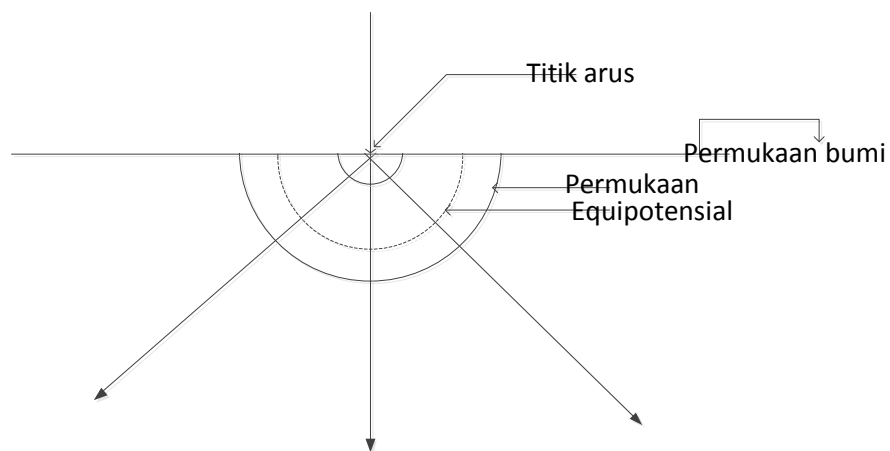
$$= -\frac{I\rho}{4\pi}$$

$$V = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad (2.15)$$

$$\rho = 4\pi r \frac{V}{I} \quad (2.16)$$

ρ : resistivitas (Ωm)

2.8.2. Potensial Disekitar Titik Arus di Permukaan Bumi



Gambar 2.5 Potensial disekitar titik arus di permukaan bumi (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990).

Pada Gambar 2.5, permukaan yang dilalui arus I adalah permukaan setengah bola yang mempunyai luas $= 2\pi r$, sehingga :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad (2.17)$$

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (2.18)$$

2.9. Faktor Geometri

Besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus disebut faktor geometri. Misalkan lapisan bumi merupakan medium homogen isotropis. Jika

pada permukaan bumi tersebut diinjeksikan arus listrik melalui satu buah elektroda, potensial di titik sejauh r dari elektroda tersebut adalah:

$$V = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.19)$$

Dengan :

I : besarnya arus listrik (A)

ρ : resistivitas medium (Ωm)

V : potensial di titik sejauh r dari sumber arus (V)

Jika pada permukaan bumi terdapat dua sumber arus yang polaritasnya saling berlawanan (melalui dua buah elektroda arus), maka besarnya potensial di suatu titik P adalah:

$$\begin{aligned} V_P &= \frac{\rho I}{2\pi r_1} + \frac{\rho(-I)}{2\pi r_2} \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \end{aligned} \quad (2.20)$$

Dengan :

r_1 : jarak dari titik P ke sumber arus positif

r_2 : jarak dari titik P ke sumber arus negatif

Jika ada dua titik yaitu P dan Q yang terletak di dalam bumi, maka besar beda potensial antara titik P dan titik Q adalah:

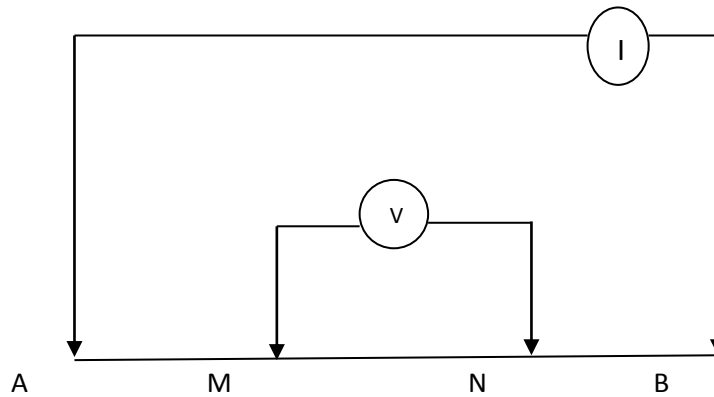
$$\begin{aligned} V_{PQ} &= V_P - V_Q \\ &= \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \right\} - \left\{ \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \\ &= \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \end{aligned} \quad (2.21)$$

Dengan :

r_3 : jarak dari titik Q ke sumber arus positif

r_4 : jarak dari titik Q ke sumber arus negatif

Pada metode geolistrik pengukuran potensial dilakukan di permukaan bumi dengan menggunakan dua buah elektroda potensial seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Letak elektroda arus dan elektroda potensial di permukaan bumi (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990).

Dari Gambar 2.6 besarnya beda potensial antara titik M dan titik N adalah:

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\} \quad (2.22)$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \frac{\Delta V}{I} \\ &= K \frac{\Delta V}{I} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Dengan:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \quad (2.24)$$

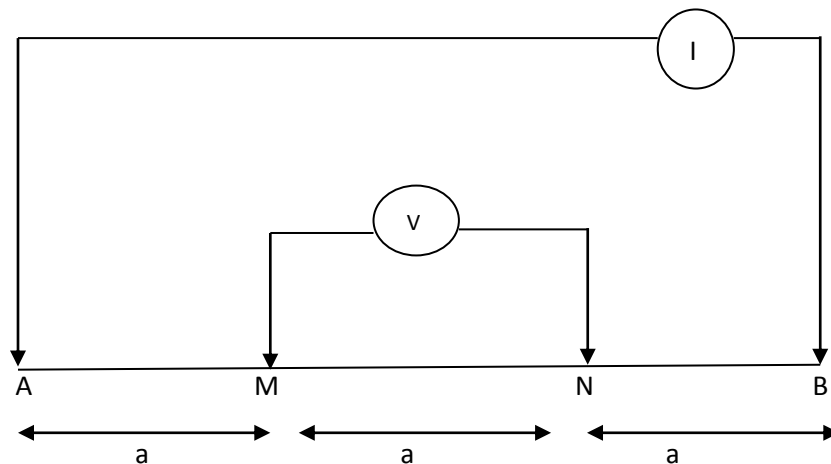
K: faktor geometri (m)

2.10. Konfigurasi Wenner

Untuk mempermudah pekerjaan dalam penelitian di lapangan, pemasangan elektroda-elektroda tersebut diletakkan menurut aturan tertentu. Terdapat banyak aturan penempatan elektroda (konfigurasi elektroda) dengan sistem kerja dan cara yang berlainan. Salah satunya adalah Aturan Wenner (Konfigurasi Wenner). Aturan elektroda Wenner pertama kali

diperkenalkan oleh Frank Wenner pada tahun 1915. Aturan elektroda ini banyak berkembang di Amerika.

Konfigurasi Wenner baik diterapkan pada daerah yang permukaannya relatif datar. Pada konfigurasi Wenner, elektroda arus dan elektroda potensial diletakkan seperti pada Gambar 2.7. Dalam hal ini elektroda-elektroda, baik arus maupun potensial diletakkan secara simetris terhadap titik *sounding* atau *datum point* (suatu titik ukur sebagai fungsi kedalaman). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak antar elektroda potensial. Maka, jarak masing-masing elektroda arus terhadap titik *sounding* adalah $3a/2$. Perlu diingat bahwa keempat elektroda dengan titik *sounding* harus membentuk satu garis. Batas pembesaran spasi elektroda ini tergantung pada kemampuan alat yang dipakai. Semakin luas spasi antara elektroda maka semakin besar arus yang digunakan. Perbesaran juga mempengaruhi kedalaman lapisan yang terdeteksi, karena semakin besar jarak spasi elektroda semakin dalam lapisan yang dapat dideteksi.



Gambar 2.7 Konfigurasi Wenner (Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990).

Berdasarkan Gambar 2.7, faktor geometri konfigurasi Wenner dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan 2.23.

$$\begin{aligned}
K_W &= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right\}} \\
&= \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a} \right\}} \\
&= 2\pi a
\end{aligned} \tag{2.25}$$

Sehingga pada konfigurasi Wenner berlaku hubungan :

$$\rho_{aw} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \tag{2.26}$$

ρ_{aw} : Resistivitas yang terbaca konfigurasi Wenner (Ωm)

2.11. Peralatan *Resistivity-Meter*

Peralatan *resistivity* berkembang pesat semenjak tahun 1966. Mula pertama peralatan *resistivity* menggunakan peralatan yang terdapat dalam kendaraan. Kemudian dengan perkembangan elektronika (resistor and kapasitor) peralatan *resistivity* semakin modern (Keller, G.V.,Frischknecht, F.C.,1966) .

Satu unit alat ukur resistivitas NANIURA NRD 300 HF terdiri dari :

- 1) Satu unit pemancar (*Transmitter*) sebagai penginjeksi arus listrik dan penerima (*Receiver*) sebagai pembaca beda potensial.
- 2) Kabel arus 2 gulungan
- 3) Kabel potensial 2 gulungan
- 4) Elektroda potensial 2 buah
- 5) Elektroda arus 2 buah
- 6) Aki 12 Volt
- 7) Pengisi aki (charger) 1 buah
- 8) Kabel-kabel penghubung

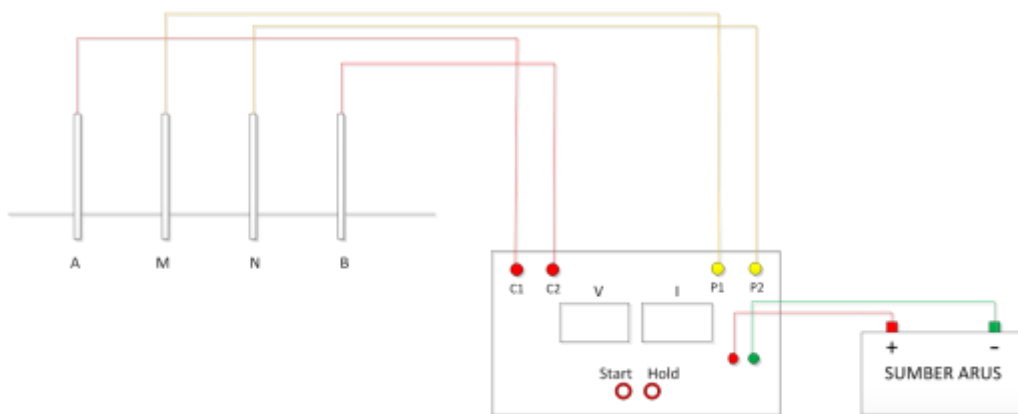
9) Buku petunjuk (manual book)

2.12. *Software Res2Dinv*

Res2Dinv adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model resistivitas 2 dimensi (2-D) untuk bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik. Dimana pada program ini akan memperlihatkan suatu hasil penampang 2 dimensi dari survei geolistrik sepanjang lintasan dan kedalaman yang dicapai. Pada program ini dapat digunakan untuk semua jenis konfigurasi elektroda dalam metode geolistrik seperti: Konfigurasi Wenner, Konfigurasi Schlumberger, Konfigurasi Bipol-dipol, Konfigurasi Lee partision, dan lainnya. (Loke, M.H, Dr.1999). Untuk data hasil survei geolistrik *disave* dengan ekstensi *.dat agar dapat dibaca oleh program.

III. Metodologi penelitian

Pada penelitian yang dilakukan di Desa Candikusuma, pertama-tama dilakukan penentuan lintasan pada lokasi penelitian, disini terdapat 7 lintasan dengan panjang lintasan yang berbeda. Kemudian dilakukan pengukuran nilai besarnya arus I dan beda potensial V dengan menggunakan alat geolistrik seperti pada Gambar 3.1.

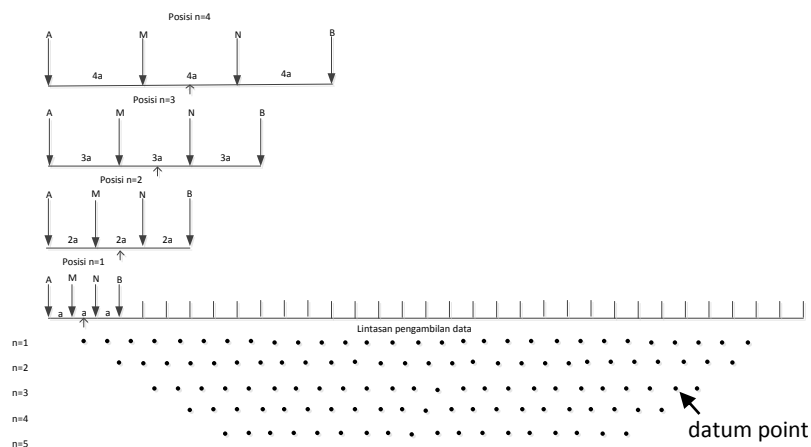


Gambar 3.1 Pengambilan data dengan alat geolistrik Nanuira

Dimana alat -alat yang digunakan sebagai berikut:

- *Resistivity-Meter* model Naniura NRD 300 HF
- 4 buah elektroda diantaranya 2 buah elektroda potensial dan 2 buah elektroda arus.
- Meteran untuk mengukur panjang lintasan yang akan diteliti
- Palu untuk memukul elektroda di permukaan tanah.
- Kabel penghubung.
- Aki (12 volt) sebagai sumber arus.
- Komputer/laptop

Dalam pengambilan data pertama tancapkan keempat elektroda dengan jarak spasi 5 m kemudian hubungkan dengan alat geolistrik Naniura. Hitung besarnya arus I dan beda potensial V . untuk data berikutnya dilakukan pergeseran elektroda dan perbesaran jarak spasi elektroda hingga melingkupi seluruh panjang lintasan seperti Gambar 3.2.

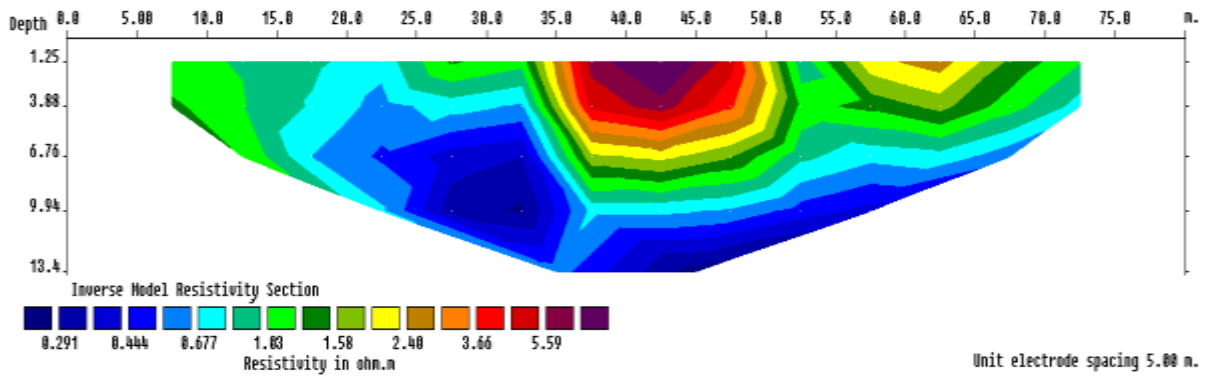


Gambar 3.2 Pergeseran dan perubahan jarak spasi elektroda konfigurasi Wenner.

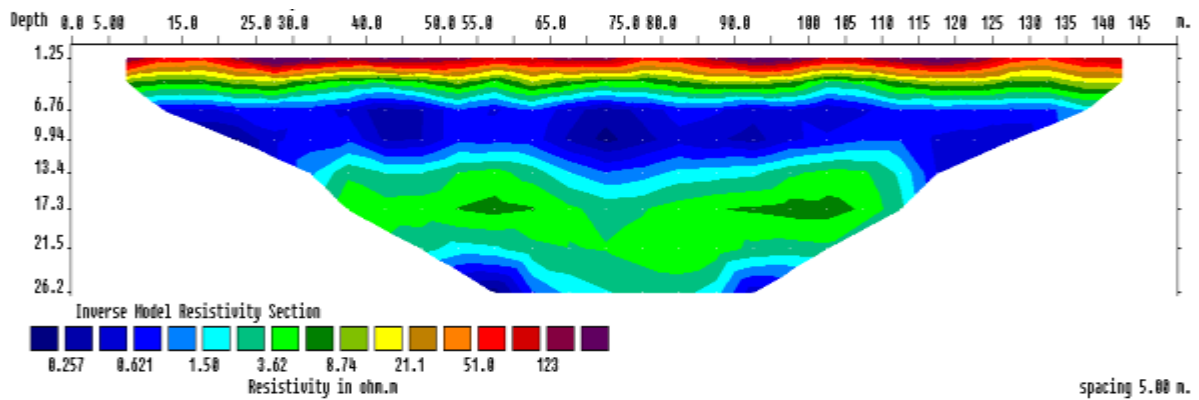
Dapat dilihat bahwa untuk $n=1$ jarak masing-masing elektroda $AM = MN = NB = a$, untuk $n = 2$ jarak masing-masing elektroda $AM = MN = NB = 2a$, untuk $n = 3$ jarak masing-masing elektroda $AM = MN = NB = 3a$, untuk $n = 4$ jarak masing-masing elektroda $AM = MN = NB = 4a$, dan seterusnya hingga melingkupi seluruh panjang lintasan. Kemudian data yang diperoleh diproses menggunakan *software Microsoft Excel*. Data yang telah diproses di analisa dengan *software* interpretasi data *Res2dinv* yang menghasilkan penampang 2-D.

IV. Hasil dan pembahasan

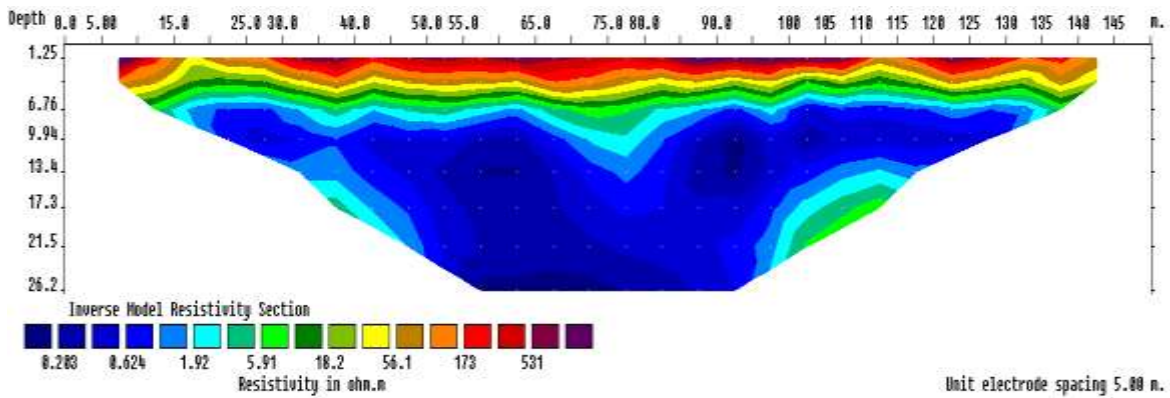
Dari hasil analisa diperoleh penampang 2-D sebaran bawah lapisan tanah sesuai dengan perbedaan nilai resistivitas seperti pada Gambar di bawah yaitu lintasan yang terdeteksi keberadaan air laut di bawah lapisan tanah.



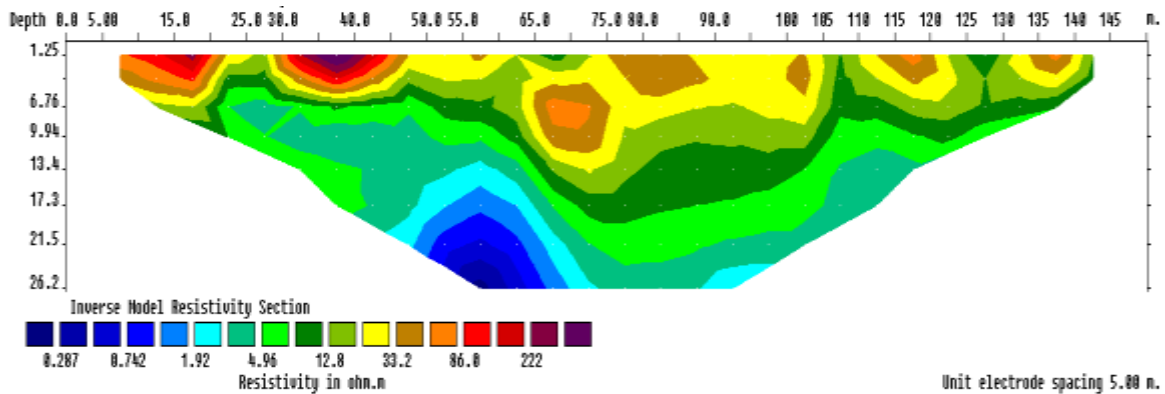
Gambar 4.1 Hasil pengolahan dengan software Res2dinv Lintasan 1 dengan panjang 80 m



Gambar 4.2 Hasil pengolahan dengan software Res2dinv Lintasan 2 dengan panjang 150 m



4.3 Hasil pengolahan dengan software Res2dinv Lintasan 3 dengan panjang 150 m



4.4 Hasil pengolahan dengan software Res2dinv Lintasan 4 dengan panjang 150 m.

Pada Gambar di atas merupakan hasil pengolahan data dengan software Res2dinv yang menunjukkan sebaran lapisan bawah tanah. Dimana perbedaan nilai resistivitas terlihat dari perbedaan corak warna, untuk warna biru tua merupakan rentang nilai resistivitas terkecil dan ungu tua merupakan rentang nilai resistivitas terbesar. Dari Gambar 4.1 keberadaan air laut di bawah lapisan tanah dimulai dari jarak 22,5-65 m dengan koordinat titik awal pengukuran yaitu $8^{\circ}18'10,93''LS$ $114^{\circ}31'49,26''BT$ yang memiliki nilai resistivitas $0,291 \Omega m$, Gambar 4.2 intrusi air laut yang terdeteksi hampir seluruh panjang lintasan yaitu pada jarak lintasan 10-135

m dengan nilai resistivitas $0,257 \Omega m$, pada Gambar 4.3 juga hampir seluruh lintasan yang terdeteksi intrusi air laut yaitu pada jarak 20-130 m dengan nilai resistivitas $0,203 \Omega m$, sedangkan pada Gambar 4.4 intrusi air laut terjadi hanya pada jarak lintasan 50-65 m dengan koordinat $8^{\circ}18'1,07''LS$ $114^{\circ}31'59,41''BT$ yang memiliki nilai resistivitas $0,287 \Omega m$. Jadi intrusi air laut yang terjadi di Desa Candikusuma pada area yang dilakukan pengukuran nilai resistivitasnya dari titik awal hingga titik akhir pengukuran, $\pm 470 m$ kedaratan dari tepi pantai.

V. Kesimpulan dan saran

5.1. Kesimpulan

Dalam pendeteksian intrusi air laut di Desa Candikusuma menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner. Digunakan *software Res2dinv* untuk menganalisa keberadaan air laut di dalam lapisan tanah untuk setiap lintasan. Dari pengambilan dan pengolahan data yang menunjukkan keberadaan air laut di bawah lapisan tanah yaitu pada lintasan 1 yang memiliki panjang 80 m dengan nilai resistivitas $0,291 \Omega m$, lintasan 2 dengan panjang 150 m memiliki nilai resistivitas $0,257 \Omega m$, lintasan 3 dengan panjang 150 m yang memiliki nilai resistivitas $0,203 \Omega m$, dan lintasan 4 yang memiliki panjang 150 m dengan nilai resistivitas $0,287 \Omega m$. Dari hasil analisa intrusi air laut di Desa Candikusuma $\pm 470 m$ kedaratatan dari tepi pantai dengan koordinat $8^{\circ}18'10,93''LS$ $114^{\circ}31'49,26''BT$ hingga koordinat $8^{\circ}18'1,07''LS$ $114^{\circ}31'59,41''BT$.

5.2. Saran

Dengan terdeteksinya intrusi air laut di Desa Candikusuma diharapkan dalam pengambilan sumber air tanah jauh dari lintasan yang telah terdeteksi intrusi air laut. Perlu dilakukan penelitian ulang untuk mendeteksi intrusi air laut untuk mengetahui perluasan terjadinya intrusi air laut akibat peningkatan ketinggian air laut dan pengambilan air secara berlebihan.

Daftar pustaka

[1] Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., dan Keys D. A. 1976. *Applied Geophysics*.

London: Cambridge University Press.

[2] Purnama, S. 2000. *Bahan Ajar Geohidrologi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, UGM.

- [3] Lilik Hendrajaya dan Idam Arif, 1990. *Monograf, Geolistrik Tahanan Jenis*. Laboratorium Fisika Bumi ITB. Bandung.
- [4] Loke, M.H., Dr., 1999, *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. A practical guide to 2-D and 3-D surveys. Email: mhloke@pc.jaring.my.
- [5] Wuryantoro. 2007. *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Aquifer Air Tanah (Studi Kasus di Desa Temperak Kecamatan Sarang Kabupaten Rembang Jawa Tengah)*. Semarang: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.