

## PENERAPAN METODE GEOLISTRIK SOUNDING UNTUK MENGATASI PERSOALAN AIR BERSIH PASCA GEMPA

Oleh :  
Yatini<sup>1)</sup>

**A**fter earthquake tectonic at May 2006, cause aquifer subsurface groundwater change at Bantul and surround. For the long time, there are some serious clean water problems.

*In order to effort the clean water problem, with mapping deep groundwater aquifer. One of Geophysical methods to carried out the problem is Resistivity sounding. The methods produce the groundwater aquifer deep, mapp of groundwater distribution and thickness the aquifer. This is help to determine the location and depth aquifer's drill well.*

*The paper's discuss about research propose at the Bantul area's and surround. The aim of the research hoped help excee the clean water problems.*

### I. PENDAHULUAN

Air bersih sering menjadi persoalan yang menyangkut hajat hidup orang banyak. Air sumur yang dipakai penduduk, pada daerah tertentu mempunyai kualitas yang tidak memenuhi syarat, antara lain : rasa airnya yang payau (di daerah pesisir dan sekitarnya), kondisi air yang tercemar (pada area sekitar pembuangan sampah atau daerah aliran sungai yang sudah tercemar), mengalami kekeringan pada musim kemarau panjang, dll.

Keberadaan lapisan air tanah yang lebih baik umumnya terletak pada kedalaman yang cukup besar, berkisar antara puluhan sampai dengan ratusan meter.

Untuk dapat mendeteksi keberadaan lapisan air tanah tersebut, diperlukan suatu metode yang cukup

handal. Geofisika sebagai salah satu cabang ilmu kebumihan mempunyai peranan dalam memecahkan persoalan tersebut. Salah satu metode Geofisika yang cukup berhasil untuk mendeteksi keberadaan lapisan air tanah adalah Metode Geolistrik, yang memanfaatkan sifat-sifat kelistrikan medium.

Wilayah Kabupaten Bantul terletak sekitar di pantai selatan laut Jawa. Permasalahan yang muncul setiap tahun adalah persoalan air bersih di musim kemarau, terutama di sekitar daerah pantai. Sumur penduduk berisi air yang tercampur air asin. Hal ini dimungkinkan penyebabnya adalah adanya rembesan air laut atau desa tersebut merupakan daerah endapan. Keberadaan air payau yang mempunyai resistivitas cukup rendah, dapat menyulitkan pendugaan lapisan akuifer air tawar yang umumnya terletak relatif lebih dalam.

1) Yatini adalah Staff pengajar Jurusan Teknik Geofisika-FTM UPN "Veteran" Yogyakarta

Permasalahan lain yang timbul adalah adanya banyak sumur penduduk yang kering di daerah Kabupaten Bantul dan sekitarnya, yang diakibatkan gempa tektonik tanggal 27 Mei 2006. Hal ini mungkin disebabkan karena struktur akuifer air tanah bawah permukaan yang berubah setelah adanya gempa tersebut.

Dalam makalah ini dipaparkan bagaimana mengantisipasi kelangkaan air dengan cara eksplorasi air tanah dalam, sehingga dapat diinventaris keberadaan air tanah serta dihasilkannya peta-peta penyebaran air tanah di daerah Bantul dan sekitarnya.

## II. MAKSUD DAN TUJUAN

**Faedah yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :**

1. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kedalaman dan ketebalan perlapisan air tawar, sehingga dapat dipakai untuk perencanaan pembuatan sumur bor untuk mengatasi persoalan air bersih di wilayah Bantul dan sekitarnya.
2. Dihasilkan kontur penyebaran air tanah, sehingga akan memudahkan untuk pengambilan lokasi dan kedalaman titik-titik sumur bor air tanah yang akan dilakukan.
3. Dihasilkan peta-peta kontur kedalaman air tanah dan peta kontur ketebalan air tanah dalam, di daerah penelitian.
4. Jika diperlukan dengan metode ini dapat dilakukan untuk daerah pantai, yang mengalami perembesan air laut, misalnya wilayah Bantul bagian selatan yang berbatasan dengan Laut Selatan.

## Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan Metode Geolistrik Sounding untuk menduga keberadaan lapisan air tanah, terutama pada daerah dengan medium yang mempunyai resistivitas rendah. Untuk melengkapinya penelitian bertujuan mengaplikasikan metode tersebut untuk studi kasus pada pencarian perlapisan air tawar di wilayah Kabupaten Bantul dan sekitarnya. Hasil akhir berupa peta sebaran keberadaan lapisan air tawar dengan dilengkapi informasi kedalaman dan ketebalan lapisan tersebut.

## III. DASAR TEORI

Salah satu metode geofisika yang paling sering digunakan untuk keperluan pemetaan air tanah, pendugaan bahan-bahan tambang dan penentuan parameter lapisan batuan adalah metode Geolistrik. Metode ini mudah pemakaiannya dan sederhana pula langkah-langkah untuk pengolahan data, namun mempunyai tingkat akurasi yang baik terhadap hasilnya. Secara garis besar metode ini dibagi menjadi 2 jenis, yaitu: mapping dan sounding. Mapping digunakan untuk melihat variasi ke arah lateral, sedangkan sounding digunakan untuk melihat variasi resistivitas ke arah vertikal. Parameter fisika yang digunakan adalah sifat-sifat kelistrikan medium atau resistivitas batuan.

Metode resistivitas atau tahanan jenis adalah salah satu teknik geofisika yang digunakan untuk penyelidikan lapisan pengandung air tanah, eksplorasi bijih logam, serta untuk pemecahan problema geologi teknik dengan memanfaatkan sifat kelistrikan

batuan. Dalam metode ini dua buah elektroda digunakan untuk mengalirkan arus ke dalam tanah, dua elektroda lainnya digunakan untuk mengukur tegangan yang ditimbulkan oleh aliran arus tadi sehingga resistivitas bawah permukaan bisa dihitung. Resistivitas batuan adalah fungsi dari konfigurasi elektroda dan parameter-parameter listrik bumi/batuan. Arus yang dialirkan di dalam tanah berupa arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC) berfrekuensi rendah. Tetapi biasanya digunakan arus bolak-balik yang berfrekuensi rendah karena untuk menghindari pengaruh potensial spontan dan efek polarisasi.

Hubungan antara resistivitas material ( $\rho$ ), potensial ( $V$ ) dan arus ( $I$ ) adalah sebagai berikut :

$$\frac{V}{I} = \frac{\rho}{L} \quad (1)$$

Dalam prakteknya objek yang diukur adalah batuan atau tanah yang tidak homogen (resistivitasnya tidak seragam), sehingga resistivitas yang terukur adalah resistivitas semu (apparent resistivity). Harga resistivitas semu tergantung pada resistivitas

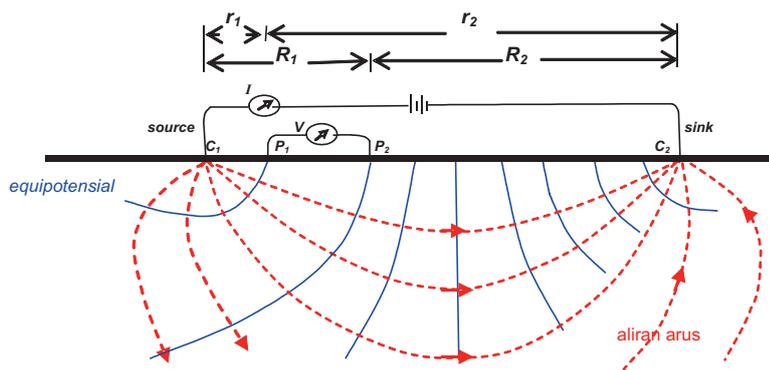
lapisan-lapisan pembentuk formasi (subsurface geology), spasi elektroda, dan susunan elektroda.

Pengukuran resistivitas semu dilakukan dengan mengalirkan arus ke dalam tanah melalui elektroda arus  $C_1$  dan diterima oleh elektroda arus  $C_2$ . Kemudian beda potensial antara kedua elektroda diukur melalui elektroda potensial  $P_1$  dan  $P_2$ . Gambar susunan elektroda arus dan elektroda potensial ditunjukkan dalam gambar (1). Sedangkan dalam pelaksanaannya memakai bermacam konfigurasi.

Untuk menghitung resistivitas semu batuan digunakan persamaan berikut :

$$\frac{V}{I} = \frac{\rho_a}{2} \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} - \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

dimana  $V$  = beda potensial antara  $P_1$  dan  $P_2$  (volt),  $I$  = kuat arus yang dialirkan melalui  $C_1$  dan  $C_2$  (ampere),  $r_1$  = jarak antara  $C_1$  dan  $P_1$  (meter),  $r_2$  = jarak antara  $C_2$  dan  $P_1$  (meter),  $R_1$  = jarak antara  $C_1$  dan  $P_2$  (meter) dan  $R_2$  = jarak antara  $P_1$  dan  $P_2$  (meter)



Gambar (1) : Susunan elektroda arus dan potensial

Faktor geometri merupakan besaran yang berubah terhadap jarak spasi elektroda dan bergantung pada susunan elektroda. Dengan substitusi faktor geometri K, maka persamaan (2) dapat ditulis menjadi :

$$K \frac{V}{I} \quad (3)$$

Persamaan (3) ini merupakan rumus dasar untuk menghitung resistivitas semu batuan. Jika medium homogen, maka persamaan diatas memberikan harga resistivitas yang sebenarnya.

#### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Harga Resistivitas

Struktur bawah permukaan kemungkinan merupakan lapisan-lapisan dengan resistivitas berbeda-beda. Banyak faktor yang mempengaruhi harga resistivitas ini, antara lain :

- Kandungan air. Medium yang mengandung air, resistivitasnya semakin kecil.
- Porositas, yaitu perbandingan antara volume rongga (pori-pori) terhadap volume batuan itu sendiri. Porositas dinyatakan dalam % volume. Volume pori-pori batuan yang besar akan memberikan kandungan cairan yang lebih banyak sehingga harga resistivitasnya akan semakin kecil. Sehubungan dengan hal tersebut, terdapat suatu rumusan empiris yang disebut sebagai Hukum Archie, sebagai berikut :

$$\rho' = a \rho_w^{-n} S^{-m} \quad (4)$$

dimana  $\rho'$  = resistivitas batuan yang berisi cairan (  $\Omega \cdot m$ ), a dan m = konstanta ( $0,5 < a < 2,5$ ;  $1,3 < m < 2,5$ ),  $\rho_w$  = resistivitas air (  $\Omega \cdot m$ ), n = porositas,  $n = 2$  dan S adalah bagian dari pori-pori batuan yang berisi fluida.

- Suhu. Resistivitas suatu batuan berbanding terbalik dengan suhunya. Hubungan suhu dengan resistivitas ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$\rho_w = k e^{-0,00821t} \quad (5)$$

$\rho_w$  = resistivitas fluida (  $\Omega \cdot m$ ), k = konstanta, bergantung konsentrasi elektrolit dalam fluida dan t = suhu (centigrade)

Dari persamaan (5) dapat diketahui bahwa jika suhu naik, maka resistivitas akan turun secara eksponensial.

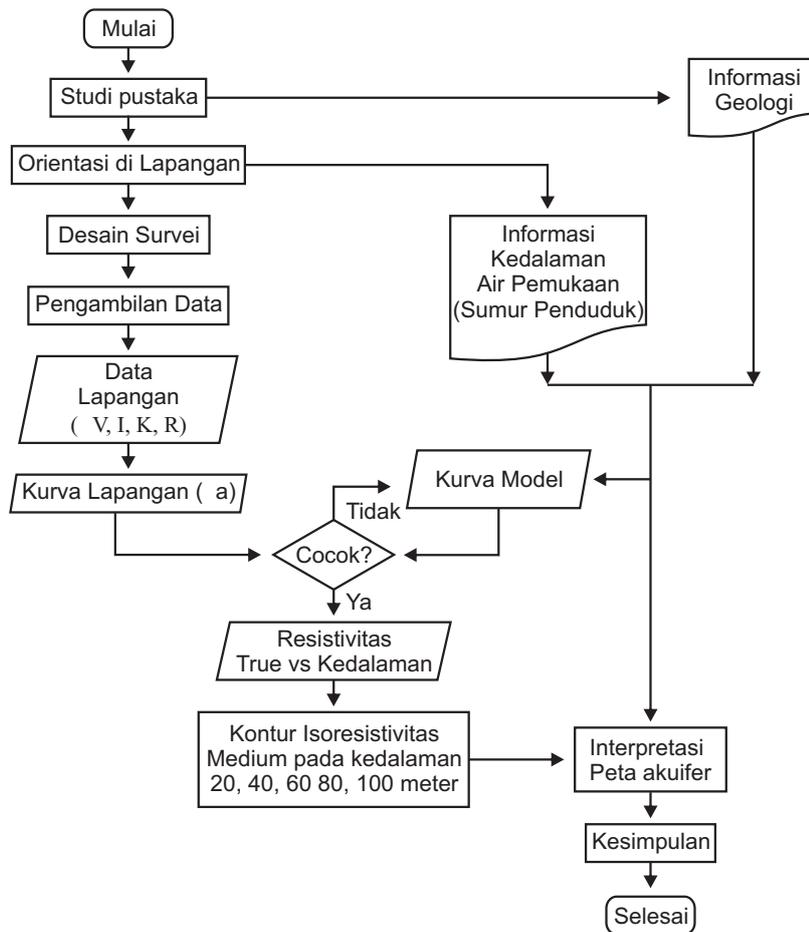
#### IV. METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar (2)

#### PERALATAN YANG DIGUNAKAN

Peralatan yang digunakan untuk pengambilan data geolistrik adalah resistivitymeter. Resistivitymeter ini ada beberapa model antar lain :

- a. Resistivitymeter OYO Model ES-G1, sumber baterai kering.
- b. Resistivitymeter OYO Model ES-D2, sumber baterai kering.
- c. Resistivitymeter OYO Model 2115 McOhm, sumber internal bateray bisa dicharger, external bateray Aki 12V.



Gambar (2) : Diagram alir penelitian

d. Resistivimeter Phoenix (RT-1),  
sumer generator type MG-1.

Pada setiap resistivimeter tersebut dilengkapi dengan perlengkapan sebagai berikut :

- Sumber tegangan/ arus.
- Kabel-kabel panjang dan konektor.
- Elektrode arus (pipa logam) dan elektrode potensial (pipa logam, porouspout)

Dalam pengambilan data selain resistivimeter dan kelengkapannya, maka harus dibawa perlengkapan-perengkapan sebagai berikut :

- Kompas dan palu biasa/palu geologi.
- Meteran, HT, jas hujan, payung.
- Lembar data (untuk keperluan mapping atau sounding).
- Peta lokasi/situasi
- Pensil, penggaris, penghapus (alat tulis)
- Kertas grafik (bilog untuk sounding, biasa untuk mapping)
- Kurva utama dan bantu untuk inrpretasi kasar.
- Tabel harga resistivitas batuan



Gambar (3) :  
Peralatan yang digunakan pada metode geolistrik sounding,  
Resistivitymeter OYO Model 2115 McOhm

### PENGAMBILAN DATA

Untuk mendapatkan informasi perlapisan bawah permukaan yang berupa harga resistivitas dan kedalamannya dilakukan metode Geolistrik Sounding. Asumsi yang dipakai adalah tidak ada efek lateral pada arah bentangan elektroda. Untuk keperluan pengambilan data sounding digunakan konfigurasi Schlumberger dengan eksentrisitas  $1/5$ . Pertimbangannya adalah untuk menghindari efek lateral yang mungkin muncul saat pengambilan data resistivitas sounding. Panjang bentangan adalah disesuaikan dengan kedalaman target (lapisan air tanah), biasanya 200 m.

Prosedur pengambilan data mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Survei pendahuluan, dimaksudkan untuk melihat daerah survei sebagai bahan masukan menentukan titik

titik pengamatan dan arah bentangan. Pertimbangan yang dipakai adalah kondisi geologi, kondisi medan dan kenampakan lainnya.

- Pengambilan data dilakukan setelah titik-titik amat ditentukan.
- Pengecekan data di lapangan. Dimaksudkan untuk mengetahui sesegera mungkin bila ada kesalahan dalam pengambilan data. Data dicek dengan langsung diplotkan pada kertas bilog.

### PENGOLAHAN

Data yang diperoleh dari lapangan kemudian diplot pada kertas log-log untuk *sounding* (Schlumberger) dan pada kertas biasa untuk *mapping* (Wenner), kurva itu disebut kurva lapangan. Dalam metode geolistrik tahanan jenis pengolahan data bertujuan untuk memperoleh banyak lapisan bawah permukaan, harga

tahanan jenis serta ketebalan masing-masing lapisan. Salah satu cara pengolahan data adalah dengan *curve matching* atau pencocokan grafik. Yang dimaksud disini adalah kurva lapangan dicocokkan dengan kurva-kurva utama, standart (*main curve*) dan kurva bantu (*auxilliary curve*) yang ada.

Kurva lapangan mempunyai skala yang sama dengan kurva standart maupun bantunya. Hal ini dimaksudkan agar mudah untuk diinterpretasi. Skala log-log yang biasa digunakan adalah 62,5 mm/cycle. Absisnya (sumbu X) sebagai setengah jarak elektrode arus ( $C_1C_2/2$ ) dan ordinatnya sebagai resistivitas semu. Sedangkan ketebalan lapisan yang diperoleh ditafsirkan dari sumbu absis.

Dalam pengolahan data sounding diandaikan bahwa :

- Bumi merupakan perlapisan-perlapisan yang horisontal.
- Masing-masing perlapisan mempunyai sifat kelistrikan yang homogen isotrop dengan ketebalan tertentu.
- Lapisan terdalam mempunyai kedalaman tak berhingga.

Pengolahan data sounding pada tahap awal menggunakan teknik *curve matching*, yaitu dengan jalan mencocokkan kurva resistivitas semu yang diperoleh pada pengukuran di lapangan dengan kurva resistivitas semu yang dihitung secara teoritis. Teknik yang paling praktis adalah dengan menggunakan kurva standart (baku) untuk medium 2 lapis dengan didukung oleh 4 buah kurva bantu. Pada tahap berikutnya data Geolistrik sounding diolah dengan menggunakan paket program Progress Ver. 3.0, dengan masukan awal dari hasil '*curve matching*'.

Sebagai data masukan awal untuk dicocokkan dengan kurva lapangan, digunakan metode *curve matching*, yaitu berupa jumlah perlapisan, kedalaman dan harga resistivitas tiap perlapisan. Kriteria cocok diberikan dengan 2 macam, yaitu jumlah iterasi dan *rms error* atau tingkat perbedaan antara data lapangan dengan respon model masukan. *Rms error* diberikan dalam persentase. Progress Ver.3.0 mampu memberikan batas iterasi maksimal sampai dengan 50 kali, sedangkan *error rms* dapat dibuat mulai dari nol.

## V. HASIL DAN ANALISIS

Dari hasil pengolahan data dengan Progress Ver. 3.0 pada tiap titik amat akan diperoleh informasi tentang jumlah perlapisan, harga resistivitas dan ketebalan tiap perlapisan. Dari harga resistivitas dan ketebalan atau kedalaman tiap perlapisan direfer pada hasil yang pernah dilakukan atau dicocokkan dengan harga resistivitas batuan untuk selanjutnya diinterpretasi secara geologi. Hasil tersebut selanjutnya diinterpretasi kepada kemungkinan adanya air bawah permukaan. Hasil interpretasi semua titik amat kemudian dibuat penampang kedalaman air bawah permukaan, sehingga diperoleh gambaran kondisi lapisan air bawah permukaan di daerah penelitian.

Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan program Progress Ver.3.0, maka dapat digambarkan yang diperoleh pada setiap titik sounding. Contoh hasil pengolahan dengan program Progress Ver 3.0 pada gambar (4).

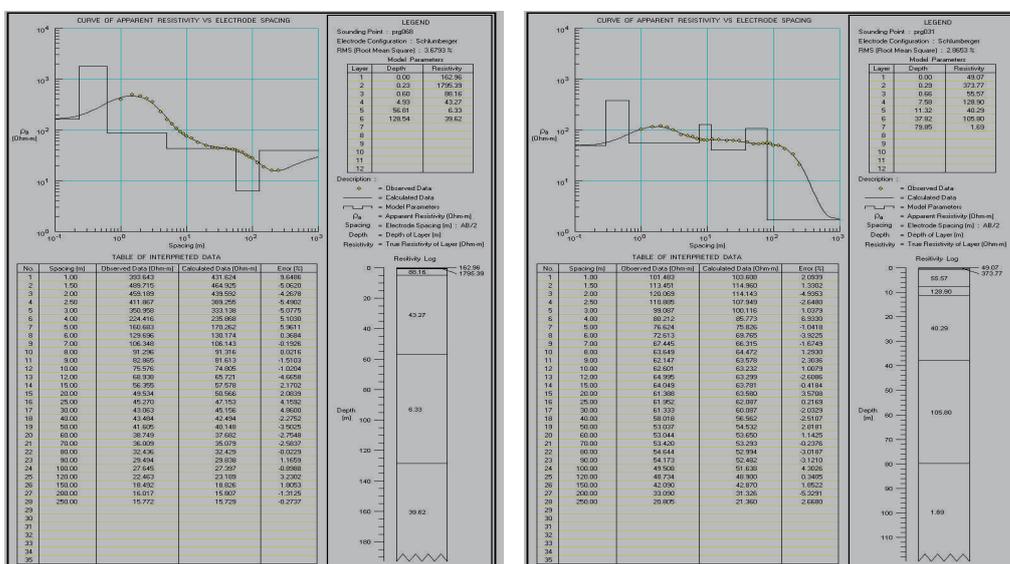
Pada setiap titik sounding akan dihasilkan parameter fisis batuan bawah permukaan pada titik tersebut. Parameter itu berupa adalah besarnya

resistivitas batuan dan kedalaman dan ketebalannya.

Dengan mengkorelasikan besarnya harga resistivitas dengan harga resistivitas batuan uji laboratorium dalam table resistivitas batuan, maka akan diperoleh informasi litologi batuan yang ada di bawah permukaan. Untuk menentukan ada dan tidaknya lapisan aquifer air tanah, letak maupun ketebalan, maka diperlukan data lain yaitu data singkapan maupun sumur penduduk serta data geologi regional daerah tersebut.

adalah Kabupaten Bantul dan sekitarnya. Susunan batuan daerah penelitian, dapat di perkitakan batuan yang dimungkinkan didapatkannya lapisan aquifer air tanah. Penyebaran kedalaman air tanah yang paling dangkal sampai yang paling dalam pada batuan-batuan aquifer air tanah dapat dijelaskan.

Demikian juga adanya struktur geologi yang mungkin ada seperti patahan, sesar normal maupun sesar naik atau geser didaerah penelitian dapat disertakan untuk memperjelas



Gambar (4) : Contoh hasil pengolahan data geolistrik sounding

Dari hasil analisis akan diperoleh beberapa hal antara lain :

**a. Susunan Batuan Daerah Penelitian.**

Berdasarkan hasil analisis resistivitas batuan, dihasilkan urutan batuan daerah penelitian dalam hal ini

dan mendukung analisis geologinya. Dari analisis geologi ini dapat diperkirakan jumlah debit air dan analisis daerah tangkapan hujan (*catchment area*).

**b. Kedalaman Akifer Airtanah**

Kedalaman akifer airtanah dalam

adalah kedalaman yang diukur dari bagian atas (top) lapisan akifer dalam tanah yang basah atau jenuh air ke permukaan tanah. Dari hasil pengolahan data sounding resistivity dapat diketahui kedalaman air tanah.

Demikian juga jika ada lapisan batuan dengan harga sangat rendah (sekitar 1 ohm meter) dapat membingungkan untuk membedakan dengan lapisan lempung yang juga mempunyai harga resistivitas sangat rendah. Untuk memperoleh interpretasi yang akurat, pemilihan lapisan akifer airtanah juga harus didukung dengan informasi setempat yang sering membantu memecahkan masalah ini. Data pendukung dapat berupa informasi sumur penduduk setempat, singkapan atau data bor air tanah yang sudah ada. Selain itu adanya fluktuasi air tanah karena perbedaan musim penghujan dan kemarau juga dipakai sebagai pertimbangan.

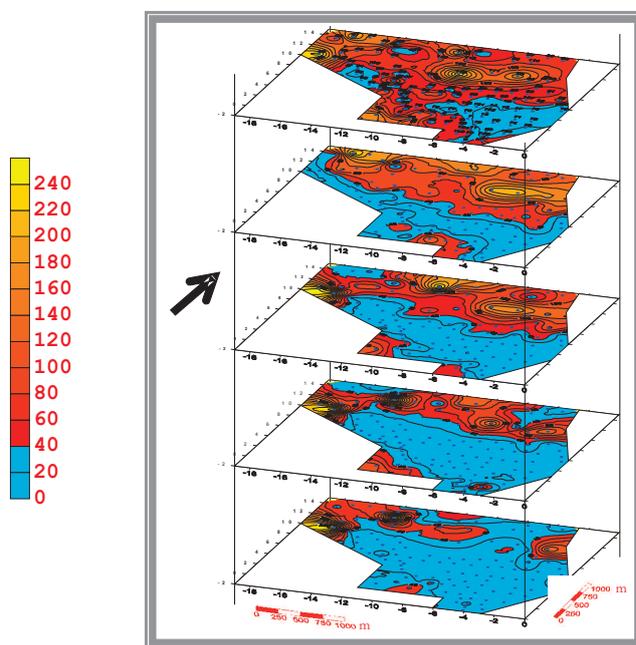
Contoh peta kontur kedalaman

lapisan akifer airtanah pada daerah penelitian dapat dilihat pada gambar (5) di daerah Kecamatan Parigi, Sulawesi Tengah.

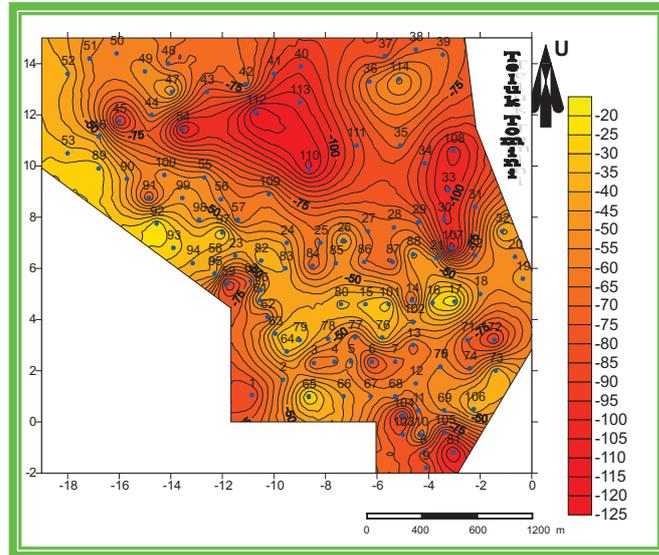
### c. Ketebalan Lapisan (isopach) akifer airtanah

Sesuai dengan ketentuan dasar interpretasi pada metode geolistrik sounding, lapisan terakhir mempunyai kedalaman tak hingga. Walaupun tidak dapat diperoleh secara pasti ketebalan lapisan akifer, tetapi sebagaimana dijelaskan di depan, daerah penelitian dapat diperkirakan potensi airtanah yang dikandungnya.

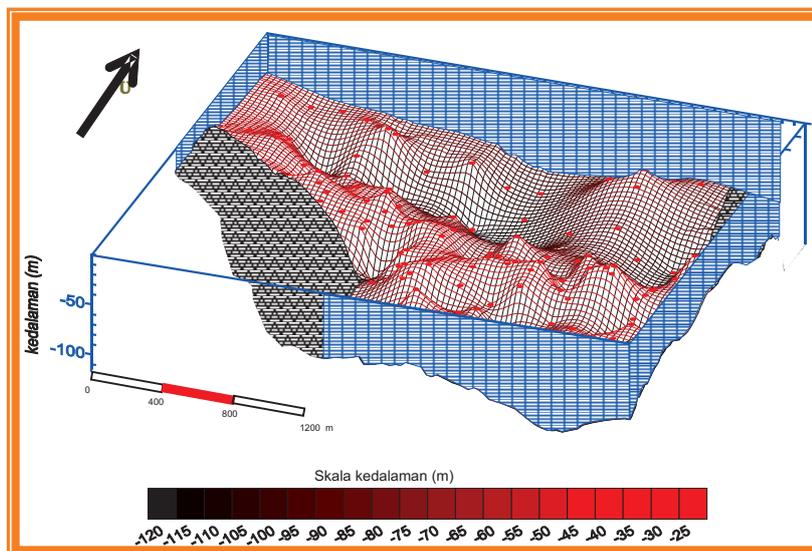
Hal ini berdasarkan struktur geologi yang mendukung adanya daerah tangkapan air dan kedalaman lapisan akifer airtanah yang cukup ideal. Ketebalan lapisan akifer airtanah dapat diperoleh dengan baik dari hasil pengolahan data yang menunjukkan



Gambar (5) : Kontur isoresistivitas pada berbagai kedalaman.



Gambar (6) : Kontur kedalaman lapisan akifer pada daerah penelitian



Gambar (7) : Gambar 3 dimensi kedalaman air tanah

lapisan akifer pada lapisan terakhir yang dapat dihasilkan.

## **VI. KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian tentang penggunaan metode Geolistrik untuk menduga adanya lapisan akifer airtanah yang dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Metode Geolistrik Sounding cukup efektif digunakan untuk mencari atau menentukan lapisan akifer airtanah. Untuk daerah dengan resistivitas rendah (misalkan daerah pantai) akan dijumpai kesulitan untuk membedakan antara lapisan akifer dengan lempung. Informasi setempat
2. Pemanfaatan software atau program komputer untuk menentukan parameter perlapisan (harga resistivitas, kedalaman dan ketebalannya) sangat membantu untuk melakukan pengolahan data geolistrik sounding.
3. Struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian dapat dipetakan dari data harga resistivitas yang diperoleh dari hasil pengolahan data, serta diperoleh litologi perlapisan yang berfungsi sebagai akuifer airtanah.
4. Kedalaman serta ketebalan akifer airtanah pada daerah penelitian

sangat membantu untuk mengatasi hal tersebut.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Agung Byantoro, 2004, Pemetaan akuifer air tanah dengan metode sistivitas sounding, desa Petapa, Pelawa dan Binaga, Kec Parigi, Kab Parigi Moutong, Sulawesi Tengah, Yogyakarta, Skripsi S1 PS Geofisika, FMIPA UGM, Yoykarta.
- Dwiningsih, N.I, 2001, Penyelidikan Intrusi Batuan Beku dan Penyusupan Air Laut dengan metode Resistivitas (Geolistrik) di daerah Parangwedang, Bantul Yogyakarta, Skripsi S1 PS Geofisika, FMIPA UGM, Yoykarta.
- Geza Kunetz, 1966, Principles of Direct Current Resistivity Prospecting.
- Grant, F.S., West, G.F., 1965, Interpretation Theory in Applied Geophysics, Mc Graw Hill Book Company, Ney York.
- Ifnaldi, 1988, Survey Metode Tahanan Jenis Konfigurasi Polar Dipol Di Sekitar Sumur Bor Sukoharjo, Kec. Ngaglik, Kab. Sleman, DIY, Skripsi Sarjana FMIPA UGM, Yogyakarta
- Parasnis, D.S., 1965, Principles of Applied Geophysics, Chapmant and Hall Ltd. London.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A., 1976, Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge, London, New York, Melbourne.