

METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS CARA WENNER DAN GRAFIK BARNES UNTUK PENDETEKSIAN AIR BAWAH TANAH

Hamadi, Aswir, Heklo Aura

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah, terutama keterdapatannya sumber air bawah tanah atau lapisan pembawa air (akuifer) berdasarkan perbedaan daya hantar listrik pada lapisan batuan. Untuk pendeteksiannya digunakan metode Geolistrik tahanan jenis dengan susunan elektroda cara Wenner dan grafik Barnes.

Dengan metode ini dapat ditentukan tahanan jenis (resistivity) dan pola kurva resistivitas terhadap kedalaman (a) jarak elektroda dari suatu titik pengukuran (Sound Point/SP).

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber air bersih secara praktis sangat terbatas, sehingga perlu ditempuh berbagai usaha untuk mendapatkannya. Adapun usaha tersebut adalah dengan memanfaatkan sumber air bawah tanah. Pemanfaatan sumber air bawah tanah memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan sumber lain. Diantaranya tidak mudah terkontaminasi oleh perubahan keadaan lingkungan dan kapasitas (debit) air relatif tetap selama daerah tangkapan (catchment area) dapat terjaga kelestariannya.

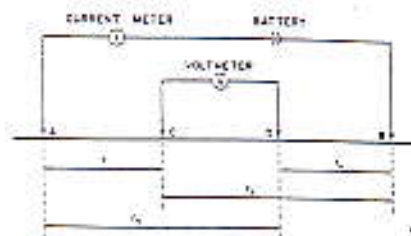
Untuk mendapatkan sumber air tanah kita memerlukan pengeboran pada kedalaman tertentu yang umumnya dalam. Sebelum pengeboran dilaksanakan diperlukan survey geolistrik tahanan jenis. Survey ini sebagai pendugaan awal mengenai susunan lapisan bawah permukaan secara detail. Informasi yang dihasilkan akan memberikan gambaran awal penentuan titik bor.

Survey geolistrik tahanan jenis ini telah dikembangkan oleh beberapa ilmuwan dengan metode pengukuran yang berbeda-beda, salah satu diantaranya adalah aturan wenner dengan kedalaman pendugaan hingga mencapai 150 meter.

II. TINJAUAN PUSTAKA

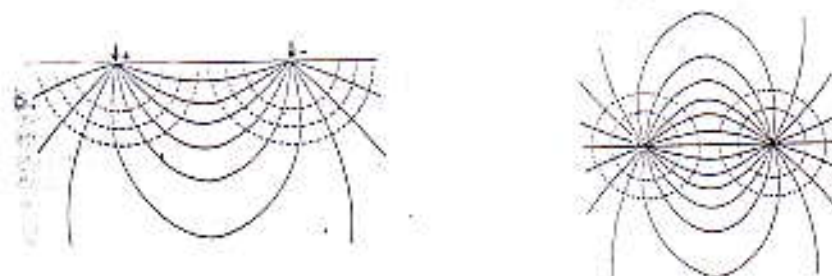
Metode geolistrik tahanan jenis merupakan salah satu metode geolistrik yang memanfaatkan sifat kelistrikan (electricity) dari pada lapisan batuan dan mineral bumi yang dapat dideteksi di dalam dan permukannya.

Metode geolistrik tahanan jenis ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda akan dapat di tentukan variasi harga resistivitas untuk masing jarak elektroda sesuai dengan rencana. Hal ini dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1. Konfigurasi pengukuran geolistrik tahanan jenis.

Pola aliran arus dan potensial diantara elektroda terjadi apabila dua elektroda arus ditanam sebagian dimasukkan dalam tanah, dan suatu potensial diberikan kepadanya sehingga akan timbul aliran arus dalam bumi dari satu elektroda ke elektroda lain. Garis aliran tersebut selalu tegak lurus terhadap garis yang potensialnya konstan dan dikenal dengan garis equipotensial.



Gambar 2. Garis equipotensial dan garis aliran arus, dimana :

- Di bawah permukaan bumi dalam bidang elektroda vertikal.
- Pada bidang permukaan bumi, elektroda pada A dan B.

Keadaan resistivitas benda pada anomali tinggi dan rendah terjadi apabila aliran arus diberikan. Perubahan medan potensial yang timbul diasosiasikan melalui elektroda potensial pada permukaan. ini adalah dasar untuk metoda garis equipotensial dan teknik yang dapat menjelaskan lokasi batuan yang mempunyai resistivitas.



Gambar 2.3. Distorsi dari garis aliran arus yang disebabkan benda dengan

- a. Konduktivitas tinggi atau
- b. Konduktivitas rendah

Pengukuran geolistrik tahanan jenis banyak dilakukan pada permukaan bumi sehingga ruang udara diasumsikan sebagai isolator dan permukaan bumi sebagai suatu bidang datar sedangkan bawah permukaan bumi adalah suatu konduktor secara listrik, sehingga memungkinkan arus listrik dapat mengalir ke dalam bumi.

Apabila suatu bahan material dialiri arus listrik sebesar I dengan tegangan yang muncul antara ujung-ujung kawat sebesar V maka tahanan kawat tersebut adalah :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

Pernyataan pada persamaan (2.1) merupakan bunyi hukum ohm.

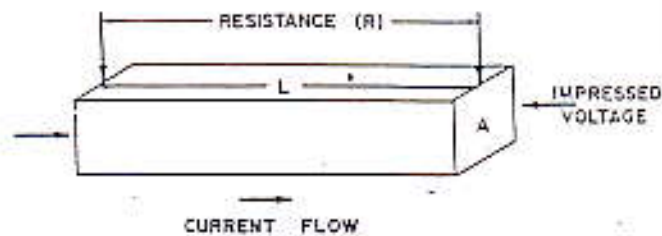
Untuk material konduktor dengan panjang L dan luas penampang A didapat :

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.2)$$

dengan ρ merupakan tahanan jenis konduktor.

Bila persamaan (2.1) disubstitusikan ke persamaan (2.2) akan diperoleh :

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad (2.3)$$



Gambar 4. Bentuk material konduktor dengan panjang L dan luas A

Landasan tersebut berlaku pada persoalan material penghantar. Sedangkan tujuan kita adalah bumi, sehingga harus diganti dengan penghantar setengah ruang (half space). Dengan menukar posisi antara panjang kawat L dan luas penampang A dari persamaan (2.3) diperoleh :

$$\frac{V}{L} = \rho \frac{I}{A} \quad (2.4)$$

Ruas kiri dari persamaan (2.4) menunjukkan intensitas medan listrik E dan I/A menunjukkan kerapatan arus di dalam penghantar yang diberi simbol J , sehingga persamaan (2.4) dapat ditulis menjadi :

$$E = J\rho \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) merupakan bentuk hukum ohm yang berlaku di bawah permukaan dan tidak mengandung batas-batas serta disebut juga sebagai bentuk infinitesimal dari rumus dasar yang dipakai dalam pengukuran tahanan jenis di lapangan.

Arus yang mengalir di dalam suatu medium akan memenuhi prinsip konservasi muatan (principle of conservation of charge) yang dinyatakan dalam bentuk hubungan :

$$\text{Div } J = -\frac{\partial q}{\partial t} \quad (2.6)$$

Persamaan (2.6) dikenal sebagai persamaan kontinuitas. Untuk arus stasioner (tak tergantung waktu), maka $\partial q/\partial t = 0$, sehingga persamaan (2.6) menjadi :

$$\text{Div } J = 0 \quad (2.7)$$

Dengan J rapat arus (Ampere/meter). Jika arus dimasukkan ke dalam bumi homogen, maka rapat arus disuatu titik berjarak r pada permukaan setengah bola dapat ditulis :

$$j = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (2.8)$$

Dimana r adalah jari-jari bola dan I arus listrik yang dimasukkan. Dari persamaan (2.5) dan (2.8) maka potensial diseborang titik yang diakibatkan oleh suatu sumber di permukaan bumi homogen adalah :

$$V = \rho \frac{I}{2\pi r} \quad (2.9)$$

Dalam prakteknya, arus dimasukkan ke dalam tanah dengan bantuan dua buah elektroda yaitu satu sumber dan satu sink (bak). Maka potensial pada suatu titik yang diakibatkan oleh susunan bipolar ini adalah :

$$V = \rho \frac{I}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (2.10)$$

Andaikan arus dimasukkan ke dalam bumi homogen dan isotropik dengan pertolongan dua buah elektroda, maka beda potensial yang timbul di antara dua titik di permukaan bumi adalah . (Lihat gambar 2.1)

$$V = \rho \frac{I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.11)$$

dan resistivitasnya dapat dinyatakan

$$\rho = \frac{2\pi V}{I} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \quad (2.12)$$

atau :

$$\rho = 2\pi \frac{V}{I} K \quad (2.13)$$

dimana K adalah faktor geometri.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perumahan UNAND kompleks Ulu Gadul selama lima bulan.

Langkah-langkah penelitian ini dimulai dengan persiapan peralatan penelitian, pemberangkatan, observasi lapangan, sampai pengambilan data pengukuran. Penelitian dilaksanakan atas kerjasama dengan kanwil pekerjaan umum (PU) provinsi Sumatera Barat.

3.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian geolistrik tahanan jenis ini (lihat lampiran II) adalah sebagai berikut.

No.	Nama Peralatan	Jumlah
1	Resistivity meter type Soiltest R50 DC strata meter	1 unit
2	Catu daya / Baterai (Aki) 12 Volt 10 Ampere	1 buah
3	Batang (tongkat) elektroda	4 buah
4	Kabel penghubung	4 gulung
5	Multi meter digital	1 buah
6	Meter Ukur (Feet / cm / m)	1 buah

3.3. Penyajian dan Pengolahan Data Penelitian

Dengan menggunakan aturan susunan elektroda Wenner (perhatikan lampiran I), kita akan dapat melakukan pengukuran dan pembacaan untuk setiap jarak elektroda a dan nilai tahanan jenis untuk setiap jarak elektroda a tertentu dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\rho = 2\pi aR \quad (\text{Ohm.m}) \quad (3.1)$$

dimana :

a = Jarak elektroda (meter)

$R = V/I$ dalam (Ohm), V dan I dibaca pada peralatan Resistivity meter

Selanjutnya telah ada suatu cara perhitungan dan penafsiran data Geolistrik yang menghasilkan suatu perbedaan nilai-nilai tahanan jenis untuk ketebalan yang tetap kearah vertikal (Barnes,1954).

Dengan cara ini dianggap bahwa ketebalan tiap lapisan akan sama dengan penambahan jarak yang tetap pada susunan elektroda dengan aturan Wenner. Harga ρ untuk tiap lapisan adalah :

$$\rho_L = \frac{2\pi\Delta a}{1/R_L} \quad (3.2)$$

dimana Δa =Penambahan tetap jarak elektroda, sedangkan

$$1/R_L = 1/R_{(N+1)} - 1/R_N \quad (3.3)$$

Nilai-nilai yang didapat untuk tiap lapisan kemudian dimasukkan kedalam grafik barnes.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

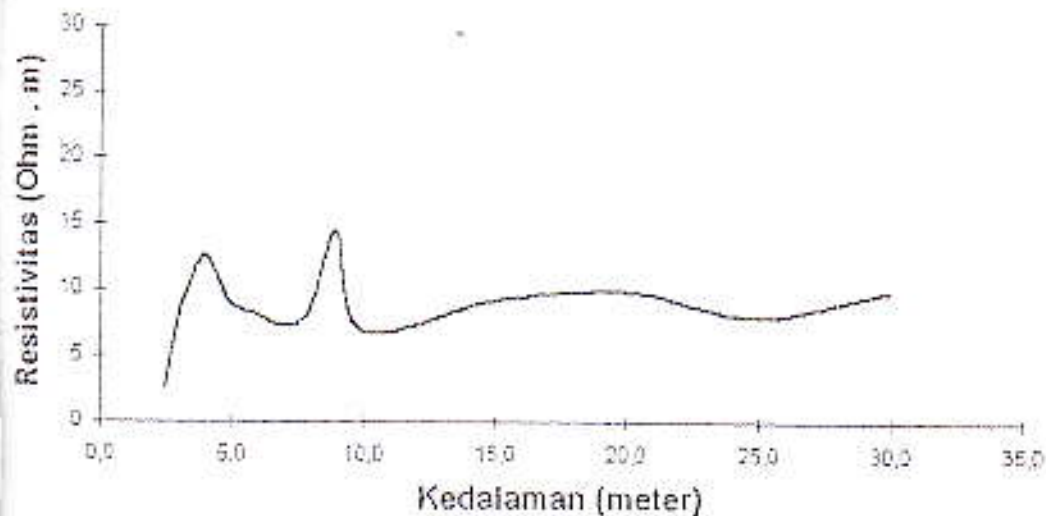
Dari penelitian yang telah dilakukan di lokasi perumahan Unand kompleks ulu gadut, untuk satu titik pengukuran (SP) dengan jarak elektroda 2,5 meter sampai dengan 30 meter, diperoleh hasil berupa data yang telah dianalisa sebagaimana yang tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 4.1. Data pengamatan

No.	Kedalaman a (m)	$2(3,14)a$ (m)	V (mV)	I (mA)	R (ohm)	$\rho_w = \frac{2\pi a R}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$ (ohm.m)	1/R (mho)	1/R _L (mho)	$\rho_L = \frac{2\pi a \Delta \phi}{I/R_L}$
1	2,5	15,70	99,1	120	0,82583	12,96558	1,21090	1,21090	2,59310
2	3,0	18,84	74,3	120	0,61917	11,66510	1,61507	0,40418	7,76889
3	3,5	21,98	62,9	120	0,52417	11,52118	1,90779	0,29272	10,72712
4	4,0	25,12	55,6	120	0,46333	11,63893	2,15827	0,25048	12,53577
5	4,5	28,26	49,0	120	0,40833	11,53950	2,44898	0,29071	10,80128
6	5,0	31,40	42,8	120	0,35667	11,19933	2,80374	0,35476	8,85109
7	6,0	37,68	33,5	120	0,27917	10,51900	3,58209	0,77835	8,06834
8	7,0	43,96	27,0	120	0,22500	9,89100	4,44444	0,86235	7,28238
9	8,0	50,24	23,1	120	0,19250	9,67120	5,19481	0,75036	8,36931
10	9,0	56,52	21,3	120	0,17750	10,03230	5,63380	0,43900	14,30532
11	10,0	62,80	18,3	120	0,15250	9,57700	6,55738	0,92357	6,79967
12	15,0	94,20	12,0	120	0,10000	9,42000	10,00000	3,44262	9,12095
13	20,0	125,60	9,1	120	0,07583	9,52467	13,18681	3,18681	9,85310
14	25,0	157,00	7,0	120	0,05833	9,15833	17,14286	3,95604	7,93722
15	30,0	188,40	5,9	120	0,04917	9,26300	20,33898	3,19613	9,82439

Nilai-nilai tersebut kemudian diplot untuk mendapatkan Grafik Barnes, sehingga kedalaman (a) jarak elektroda dan besarnya resistivitas (ρ) dapat diketahui.

Dengan terpenuhinya semua parameter tersebut sehingga dapat didefinisikan hubungan kedalaman (a) dengan resistivitas (ρ) dalam bentuk grafik berikut ini.



Gambar 4.1. Grafik Barnes

Dari Grafik Barnes di atas, terlihat bahwa kedudukan lapisan pembawa air (akuifer) diduga terdapat pada kedalaman antara 3,5 meter sampai dengan 4,5 meter di bawah permukaan tanah, dengan harga resistivitas 10 – 12,5 Ohm.m, dan 8 meter sampai dengan 10 meter, di bawah permukaan tanah tersebut dengan harga resistivitas antara 8 – 14 Ohm.m

DAFTAR PUSTAKA

- Husni, M. 1996. **Penyelidikan Air Bawah Tanah Sepanjang Pantai Timur Prop. D.I. Aceh**, Laporan berkala Kanwil Pertambangan dan Energi Prop.D.I. Aceh.
- Mooney, H. M., and W.W. Wetzel. 1956. **The Potentials about a Point Electrode and Apparent Resistivity Curve for a two, three, and Four Layer Earth**, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Orellana, E., and H. M. Mooney. 1966. **Master Tables for Vertical Electrical Soundings over Layered Structures**, Interciencia, Madrid.
- Reitz, J.R., F.J. Milford, and Robert W. C., 1993. **Foundation of Electromagnetic Theory**, Addison-Wesley Publishing, Inc. New York.
- Soiltest. **Earth resistivity Manual**, Soiltest, inc. Illinois.
- Telford, W. M, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, D.A. Keys, 1976. **Applied Geophysics**, Cambridge University Press, Cambridge.