

INTERPRETASI LAPISAN BATUAN BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN ANALISIS DATA GEOLISTRIK

Abdul Mukaddas*

Abstract

The research aim is to procure lithology and depth rock that has water potentially contained by using receptivity geoelectric of Shlumberger configuration. The project was conducted at the District of Beka which focused on 6 sample geoelectric points. Each point is restricted in the length area of 400 m. The geoelectric data processing was checked by available curve technique with helping inversion program. The processing based on responding of rock resistivity. Resistivity value of sand is between 3.5 and 11.5 Ohm-meter. Meaning that water potentially is available in the depth of around 40 m under land surface.

Keyword: Resistivity, lithology, electrode configuration

1. Pendahuluan

Desa Beka Kecamatan Marawola Kabupaten Donggala, secara geografis terletak pada koordinat 0°59'LS dan 119°52' BT dengan jarak tempuh kurang lebih 12 km dari Kota Palu ke arah Selatan. Berdasarkan identifikasi awal yang dilakukan di Desa Beka Kabupaten Donggala, mengindikasikan bahwa keterbatasan air permukaan untuk pasokan air irigasi terutama pada musim kemarau merupakan kendala utama guna meningkatkan intensitas tanam dan produktifitas lahan milik warga. Upaya pemenuhan kebutuhan air irigasi dengan memanfaatkan potensi air tanah merupakan solusi konkrit yang dapat diupayakan. Berkenaan dengan upaya tersebut, sebagai langkah awal perlu dilakukan penelitian di Desa Beka untuk memperoleh gambaran litologi batuan dibawah permukaan, terutama lapisan batuan yang diduga berpotensi sebagai lapisan pengandung air (Aquifer). Salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk tujuan tersebut adalah metoda geolistrik resistivitas.

Kegiatan ini sejalan dengan program pemerintah daerah dalam rangka inventarisasi potensi sumberdaya air yang dapat dieksploitasi guna pemenuhan kebutuhan air irigasi dan air baku

di beberapa lokasi wilayah Provinsi Sulawesi Tengah yang memiliki keterbatasan air permukaan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Air tanah

Air tanah berasal dari permukaan seperti air hujan, danau, sungai dan sebagainya, yang meresap ke dalam tanah mengisi ruang pori pada tanah dan batuan dan terakumulasi dalam suatu cekungan air tanah. Banyaknya air yang meresap ke dalam tanah tergantung pada ruang dan waktu, kecuraman lereng, kondisi permukaan tanah, vegetasi dan curah hujan serta kapasitas cekungan.

Akifer merupakan tubuh batuan atau regolith tempat air tanah tersimpan, dimana mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi dan terletak dalam zona saturasi. Tubuh batuan tersebut dapat berupa sedimen atau batuan seperti lempung, pasir, batupasir dan endapan aluvial. Sedimen atau batuan yang impermeabel dan mampu menampung banyak air disebut *aquiclude*, misalnya lempung. Aquifer yang permukaan atasnya berimpit dengan permukaan air dan di bawah pengaruh langsung tekanan atmosfer disebut *unconfined aquiver*. Sedangkan aquifer yang

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

dibatasi oleh lapisan *aquiclude* disebut *confined aquiver* (Ludman, 1990)

$$F = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{a}{\phi^{-m}} \dots\dots\dots(2)$$

2.2 Tahanan Jenis Batuan Mengandung Air

Tahanan jenis batuan berhubungan langsung dengan porositas dan tekstur batuan. Hubungan antara tahanan jenis batuan ρ dan porositas ϕ , yang dinyatakan sebagai fraksi per satuan volume batuan. Menurut hukum archie :

$$\rho = a\rho_w\phi^{-m} \dots\dots\dots(1)$$

dengan ρ adalah tahanan jenis batuan yang terukur, ρ_w adalah tahanan jenis air pengisi pori. a merupakan konstanta yang mencirikan jenis karakter batuan, m adalah konstanta yang mencirikan karakter sementasi. Hubungan nilai tahanan jenis pada persamaan (1) direfleksikan dengan besar faktor formasi (F) :

Faktor formasi dapat digunakan untuk pendugaan zona aquifer, sebab besaran tersebut berefleksi sebagai porositas pada batuan sedimen maupun batuan beku yang mengalami rekahan.

Pada eksplorasi hidrogeologi , pengukuran tahanan jenis ρ bawah permukaan dapat dilakukan langsung di lapangan. Tahanan jenis air pengisi pori ρ_w selain dapat diukur langsung, juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\rho_w = 1000/ DHL \dots\dots\dots(3)$$

DHL adalah daya hantar listrik yang dinyatakan dalam microsiemen (μ_s).

Beberapa kesimpulan nilai faktor formasi dari berbagai studi hidrologi yang diperoleh Boehmer (Taib, 2000), dapat dilihat pada Tabel (1) dan (2).

Tabel 1. Klasifikasi pendugaan faktor formasi untuk batuan sedimen

F	Formasi	Aquiver/ Aquiclude
≤ 1	Clay	Aquiclude
1 – 1,5	Peat, clayey sand atau silt	Aquiclude
2	Silt – fine sand	Poor to medium aquiver
3	Medium sand	Medium to produktive aquiver
4	Coarse and	Produktive aquiver
5	Gravel	Higly produktive aquiver

Tabel 2. Klasifikasi pendugaan faktor formasi untuk batuan vulkanik dan beku

Formasi	Permeable/ impermeable	F	Permeable/ impermeable
Tuffa gunung api	Impermeable	$1 < F < 4$	Permeable
Basalt rekahan	Permeable	$5 < F < 15$	Solid
Breksi	Permeable	$3 < F < 7$ > 10	Permeable Impermeable (Solid)
Batugamping coral	Permeable	$3 < F < 10$	Solid

2.3 Metoda Geolistrik Resistivitas

Metoda resistivitas merupakan salah satu dari kelompok metoda geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Yang dipelajari mencakup pendeteksian besaran medan potensial dan medan elektromagnetik yang diakibatkan oleh aliran arus listrik. Metoda ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik searah ke dalam bumi melalui elektroda arus, selanjutnya distribusi medan potensial diukur dengan elektroda potensial. Variasi nilai tahanan jenis dihitung berdasarkan besar arus dan potensial yang terukur (Santoso, 2002).

Penurunan potensial yang terukur mengikuti asumsi bahwa bumi merupakan medium homogen isotropis. Jika medium tersebut dialiri arus listrik searah I maka elemen arus δI yang melewati elemen permukaan δA dengan densitas arus J adalah : (Telford dkk,1990)

$$\delta I = J \delta A \dots\dots\dots(4)$$

Berdasarkan hukum Ohm, hubungan antara kerapatan arus listrik J dengan medan listrik E dan konduktifitas medium σ dapat dinyatakan:

$$J = \sigma E \text{ atau } J = -\sigma \nabla V \dots\dots\dots(5)$$

Apabila tidak ada arus yang terakumulasi di dalam media maka :

$$\nabla \cdot J = \sigma \nabla \cdot E = 0 \text{ atau}$$

$$\nabla \sigma \cdot \nabla V + \sigma \nabla^2 V = 0 \dots\dots\dots(6)$$

Untuk ruang homogen isotropik maka σ adalah konstanta skalar dalam ruang vektor, sehingga persamaan (6) menjadi:

$$\nabla^2 V = 0 \dots\dots\dots(7)$$

yang merupakan persamaan Laplace. Untuk medium yang mempunyai bentuk simetri bola dan homogen isotropis, maka persamaan Laplace dapat dituliskan :

$$\frac{d^2 V}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dV}{dr} = 0 \dots\dots\dots(8)$$

Penyelesaian umum persamaan Laplace untuk model bumi simetris dan homogen isotropis adalah :

$$V = \frac{A}{r} + B \dots\dots\dots(9)$$

dengan A dan B adalah konstanta integrasi. Oleh karena $V = 0$ jika $r = \infty$, maka diperoleh $B = 0$, dengan demikian beda potensial (V) yang terjadi nilainya berbanding terbalik dengan jari – jari atau jarak bidang equipotensial dari titik sumber (r).

Jika sumber arus berada di permukaan bumi, maka permukaan yang dilalui arus adalah permukaan setengah bola, sehingga :

$$V = \frac{I\rho}{2\pi r} \dots\dots\dots(10)$$

Pada penerapan praktis, arus yang berlawanan polaritasnya diinjeksikan pada dua buah elektroda (C_1) dan (C_2) dan mengukur respon potensial (Gambar 1). Beda potensial antara P_1 dan P_2 adalah :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \dots\dots\dots(11)$$

2.4 Resistivitas Semu

Metoda geolistrik resistivitas didasarkan pada asumsi bumi homogen isotropis, nilai tahanan jenis terukur merupakan nilai tahanan jenis sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan – lapisan dengan ρ yang berbeda – beda, sehingga potensial yang terukur dipengaruhi oleh lapisan – lapisan tersebut. Dalam hal ini, tahanan jenis yang terukur adalah tahanan jenis semu (fiktif).

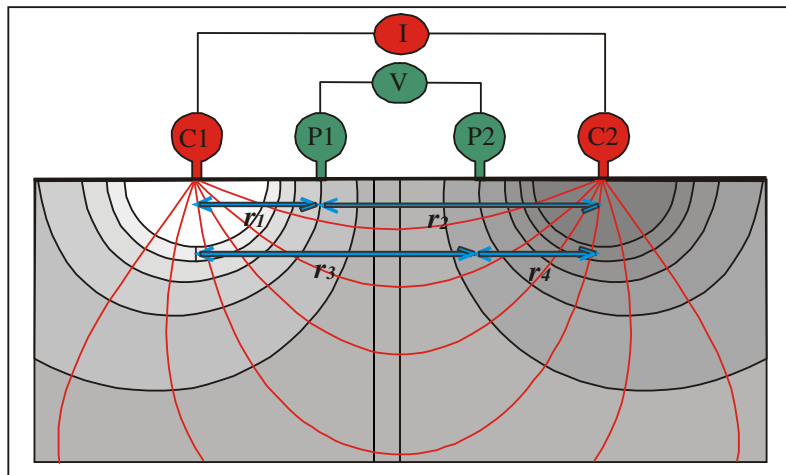
Bentuk umum persamaan tahanan jenis semu (Telford dkk, 1990) :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(12)$$

Dengan

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \dots\dots\dots(13)$$

K merupakan faktor geometri yang bergantung pada bentangan dan spasi elektroda yang digunakan.



Gambar 1. Konfigurasi elektroda arus dan potensial pada permukaan medium homogen isotropik (Telford dkk, 1990)

2.5 Akuisisi Data

Metoda Vertikal Electrical Sounding (VES) adalah merupakan salah satu metoda geolistrik resistivitas yang digunakan untuk menentukan perubahan atau distribusi nilai tahanan jenis ke arah vertikal medium bawah permukaan titik sounding. Metoda ini menggunakan konfigurasi elektroda Schlumberger. Pada metoda ini pengaturan elektroda dilakukan dengan membuat jarak antar elektroda tidak harus sama. Elektroda arus (C_1 dan C_2) yang sering berpindah – pindah. Sedangkan elektroda potensial (P_1 dan P_2) dibiarkan tetap.

Untuk pendugaan lapisan horisontal, Pengukuran pertama kali dengan membuat jarak tertentu antar elektroda, dimana diperoleh satu titik data pengukuran. Jarak antar elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Pengukuran ke dua dilakukan dengan mengubah jarak antara C_1 P_1 dan C_2 P_2 dengan kelipatan tertentu, sedangkan jarak P_1 dan P_2 tetap. Dari perpindahan elektroda ini diperoleh titik data pengukuran berikutnya. Pengukuran terus dilakukan hingga lokasi pengukuran telah terlingkupi. Semakin besar jarak antar elektroda semakin dalam lapisan batuan yang dapat dideteksi. Faktor geometri untuk konfigurasi ini adalah :

$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \dots\dots\dots(14)$$

Tahanan jenis yang diperoleh dari hasil pengukuran masih merupakan nilai tahanan jenis semu. Untuk memperoleh nilai tahanan jenis dan kedalaman/ ketebalan aktual tiap lapisan dilakukan penggabungan teknik kurva matching dengan teknik inversi. Selanjutnya, nilai – nilai yang diperoleh melalui teknik kurva matching digunakan sebagai model awal dalam teknik inversi.

3. Metode Penelitian

3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1 set alat ukur geolistrik resistiviti, yang terdiri atas :
- 1 unit instrumen resistiviti meter
- 4 buah gulungan kabel penghubung
- 1 buah sumber arus DC
- 2 pasang elektroda arus dan elektroda potensial
- Kompas geologi
- GPS (Global Positioning System)
- Konduktiviti meter
- Meteran dan palu

3.2 Metoda pengambilan data dan pengolahannya

Penelitian ini merupakan penyelidikan lapangan dengan menggunakan metoda pengukuran geolistrik resistiviti Vertical Electrical Sounding (VES). Tahapan penelitian sebagai berikut:

a. Pengumpulan data – data sekunder

Untuk keperluan Survei awal dan interpretasi, diperlukan data – data sekunder yang berhubungan dengan kondisi daerah penelitian. Data – data tersebut adalah peta geologi, peta topografi, peta hidrogeologi dan litologi sumur bor.

b. Survei pendahuluan

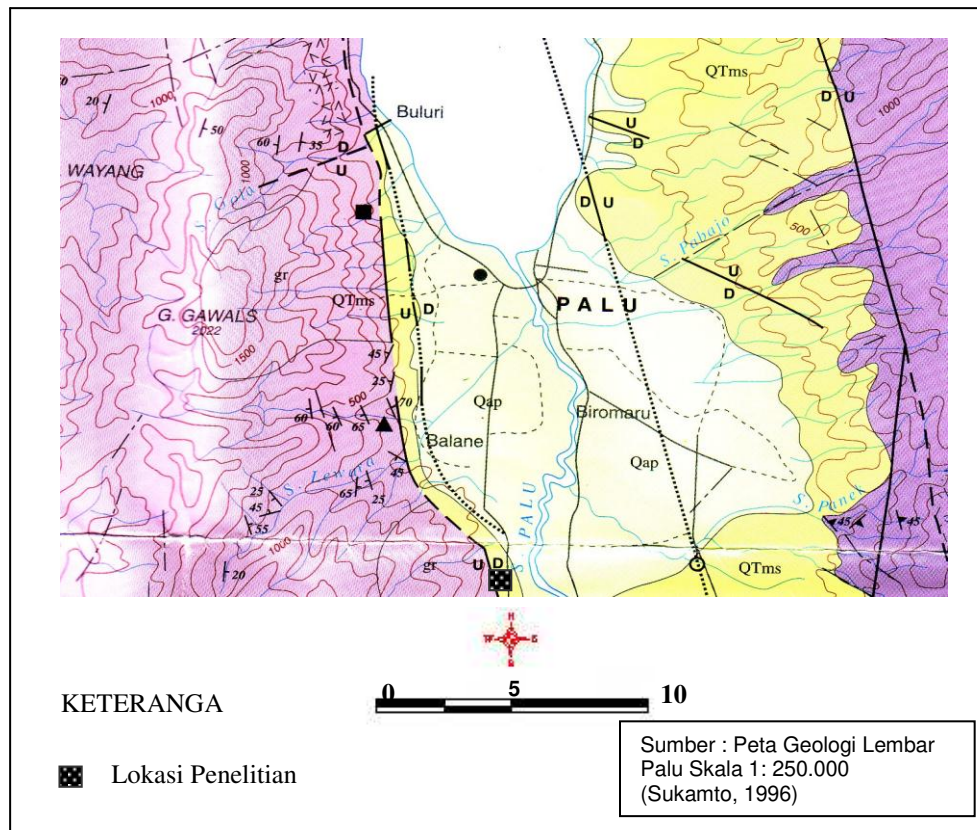
Survei ini perlu dilakukan untuk memperoleh gambaran kondisi geologi, hidrologi dan topografi di lokasi penelitian. Disamping itu, juga dilakukan penentuan titik - titik lokasi pengukuran geolistrik.

c. Pengukuran dengan metoda vertical electrical sounding (VES)

Pengukuran dengan metoda ini menggunakan konfigurasi Schlumberger dan dilakukan sebanyak 9 titik ukur. Penentuan jumlah titik ukur geolistrik, tergantung dari hasil survei pendahuluan. Dari 9 titik ukur akan diupayakan sedemikian rupa sehingga membentuk beberapa lintasan garis lurus, agar masing – masing titik dapat dikorelasikan. Pengukuran koordinat geografis dan ketinggian setiap titik ukur dilakukan dengan alat GPS. Untuk memperoleh nilai tahanan jenis dan kedalaman, ketebalan aktual tiap lapisan digunakan teknik pencocokan kurva dan proses inversi.

3.3 Peta Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dapat dilihat peta pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 3. Interpretasi hasil pengolahan data VES

Titik Sounding	ρ (Ohm-meter)	h(m)	Batuan
1	7,2	1,2	Lapisan tanah penutup
	14,5	5,3	Lempung pasir
	29,8	12,3	Batugamping
	3,5	35,8	Pasir
2	4,9	0,8	Lapisan tanah penutup
	12,7	4,2	Lempung pasir
	27,4	14,2	Batugamping
	5,2	38	Pasir
3	6,5	1,2	Lapisan tanah penutup
	10,2	6,3	Lempung pasir
	31,4	12,7	Batugamping
	11,5	41,6	Pasir
4	6,7	0,5	Lapisan tanah penutup
	16,5	5,6	Lempung pasir
	24,2	12,3	Batugamping
	8,4	31,4	Pasir
5	10,7	0,8	Lapisan tanah penutup
	21,2	7,0	Lempung pasir
	20,6	20,3	Batugamping
	4,7	48,4	Pasir
6	7,3	0,8	Lapisan tanah penutup
	23,6	8,5	Lempung pasir
	18,5	32	Batugamping
	10,2	54,3	Pasir

4. Hasil dan Interpretasi

Berdasarkan data pengukuran geolistrik dengan metoda VES dari 6 titik duga yang dilakukan dengan teknik pencocokan kurva dan bantuan Program inversi, hasilnya menunjukkan variasi nilai resistivitas batuan dan kedalaman. Interpretasi hasil pengolahan data metoda ini dikaitkan dengan kondisi geologi Daerah penelitian ditunjukkan pada tabel 3.

5. Kesimpulan

Berdasarkan interpretasi hasil pengolahan data geolistrik yang dikaitkan dengan data geologi, diperoleh gambaran secara umum litologi batuan di

Desa Beka Kecamatan Marawola. Batuan poros seperti pasir diduga kuat berpotensi mengandung air mencapai kedalaman 30 hingga 50 m dari permukaan.

6. Daftar Pustaka

- Bhattacharya, P.K and Patra, H.P. 1968. *Direct Current Geoelectric Sounding (Principle and Interpretation)*. Elseviers Publishing Company
- Ludman, A. 1990. *Physical Geology*. Cambridge University Press

- Mukaddas, A. 2005. *Aplikasi Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Penyelidikan Gerakan Tanah di Kuningan Jawa Barat*. Tesis Magister Departemen Teknik Geofisika ITB
- Musa, Dahlan. 2004. *Pemetaan Lapisan Aquifer di Bagian Timur Cekungan Air tanah(CAT) Gorontalo Dengan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis*. Tesis Magister ITB
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. ITB Bandung
- Sosrodarsono, S. 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita Jakarta
- Sukamto. 1996. *Peta Geologi Lembar Palu Skala 1:250.000*. P3G Bandung
- Taib, M.I.T. 2000. *Dasar Metoda Eksplorasi Tahanan Jenis Galvanik*, Diktat kuliah, Jurusan Teknik Geofisika FIKTM ITB Bandung
- Telford, W.M. Sheriff, R.E and Geldart, L.P. 1990. *Applied Geophysics*. Second Edition, Cambridge University Press, NewYork