



Identifikasi Sebaran *Aquifer* Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis Di Desa Bora Kecamatan Sigi Biromari Kabupaten Sigi

(Identification of aquifer distribution using geoelectrict resistivity method at Bora Village, Sigi Biromaru District, Sigi Regency)

Irawati^{*)}, Abd. Rahman, Dahlan Th. Musa

Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Tadulako

ABSTRACT

Study on The indentification of the distribution of aquifer containet in Bora Village, Sigi biromaru District, Sigi Reegency was done. The measurement used in this research was *automatic array scanning* (AAS) method based on *Wenner Schlumberger* Configuration and *Vertical Electrical Sounding* (VES) based on *Schlumberger* Configuration. Data Processing used was RES2DINV and Progress inversion programs. The layer with resistivity value of $< 85 \Omega\text{m}$ was shown by the green color representing a clay, sandstone, mud, and marl. The layer was predicted as a aquifer layer. Distribution of aquifer elongating and extends from the southeast to the northwest at a depth of $\pm 12 \text{ m}$ to $\pm 70 \text{ m}$.

Key words: *Aquifer, Resistivity Geoelectric, Wenner-Schlumberger Configuration, Schlumberger Configuration.*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi sebaran *aquifer* yang terdapat di Desa Bora, Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. Pengukuran dilakukan dengan metode *Automatic Array Scanning* (AAS) menggunakan Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* dan metode *Vertical Elektrical sounding* (VES) menggunakan Konfigurasi *Schlumberger*. Pengolahan data menggunakan program inversi *Res2dinv* dan *Progress*. Lapisan dengan Nilai resistivitas $< 85 \Omega\text{m}$ ditunjukkan dengan warna hijau diduga merupakan batulempung, batupasir, lumpur dan napal, dimana lapisan ini diduga sebagai lapisan *Aquifer*. Sebaran *aquifer* memanjang dan meluas dari arah tenggara ke barat laut pada kedalaman $\pm 12 \text{ m}$ hingga $\pm 70 \text{ m}$.

Kata Kunci : *Aquifer, geolistrik Hambatan jenis, konfigurasi wenner-schlumberger, konfigurasi schlumberger.*

LATAR BELAKANG

Kabupaten Sigi diresmikan pada tanggal 21 Juli 2008 dengan ibukota Desa Bora Kecamatan Sigi Biromaru. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2014 Kabupaten Sigi, wilayah Desa Bora terletak 20 km ke arah Utara Kota Palu dengan luas 19,05 km² dan jumlah penduduk pada tahun 2013 sebanyak 2.069 jiwa. Hal ini mengalami peningkatan dibanding tahun-tahun sebelumnya. Adanya peningkatan jumlah penduduk dan kegiatan pembangunan serta perekonomian mengakibatkan kebutuhan air bersih juga semakin meningkat.

Secara umum kondisi permukaan tanah di Desa Bora merupakan daerah tanah kering. Hal ini dapat dilihat dari keadaan vegetasinya yang hanya ditumbuhi oleh semak belukar. Sebagai ibukota kabupaten dengan jumlah penduduk yang semakin meningkat penyediaan kebutuhan air bersih sangat diperlukan. Kebutuhan air bersih masyarakat hanya mengandalkan pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang penyalurannya masih dalam skala kecil, sehingga masyarakat sering mengalami kesulitan air bersih.

Untuk memperoleh sumber mata air harus dilakukan dengan mencari lapisan *aquifer* di wilayah ini. *Aquifer* adalah lapisan batuan di bawah permukaan

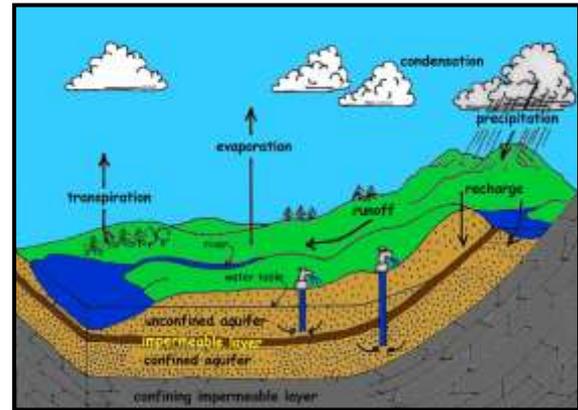
yang mengandung air. Namun, data tentang posisi dan sebaran *aquifer* di wilayah ini belum diketahui. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi *aquifer*. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan ialah metode geolistrik hambatan jenis.

Metode geolistrik hambatan jenis merupakan salah satu metode geofisika yang dapat menginterpretasikan jenis batuan atau mineral di bawah permukaan. Selain itu metode ini juga dapat mengetahui sifat kelistrikan medium batuan di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan listrik atau resistivitas. Pada metode geolistrik hambatan jenis ini, arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui 2 elektroda arus, dan mengukur beda potensial melalui 2 elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda diperoleh variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah permukaan. Berdasarkan nilai hambatan jenis bawah permukaan, dapat diinterpretasikan lapisan-lapisan tanah atau batuan yang mengandung air tanah (*aquifer*).

Airtanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat dalam ruang

antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer. Lapisan yang mudah dilalui oleh airtanah disebut lapisan *permeable*, seperti lapisan yang terdapat pada pasir atau kerikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui airtanah disebut lapisan *impermeable*, seperti lapisan lempung atau geluh. Lapisan yang dapat membawa dan meloloskan air disebut *aquifer*. Sebagai pembawa air maka materialnya haruslah mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi dan didefinisikan sebagai tubuh batuan atau regolith yang permeabilitasnya tinggi dan terletak dalam zona saturasi. (Unib, 2006)

Sedimen atau batuan yang impermeable dan mampu menampung banyak air disebut *aquiclude*, misalnya lempung. Akuifer yang permukaan atasnya berimpit dengan permukaan air dan di bawah pengaruh langsung tekanan atmosfer disebut *unconfined aquifer* sedangkan akuifer yang dibatasi oleh lapisan aquiclude disebut *confined aquifer* (Ludman, 1982). Gambar penampang yang memperlihatkan *unconfined aquifer* dan *confined aquifer* dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber (Ludman, 1982).

Gambar 1. Diagram penampang *unconfined aquifer* dan *confined aquifer*

Airtanah secara umum berisi campuran terlarut yang dapat menambah kemampuannya untuk menghantar listrik, meskipun air tanah bukan konduktor listrik yang baik. Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan pada Tabel 1 Resistivitas batuan berhubungan langsung dengan porositas dan tekstur batuan. Resistivitas (ρ) dan porositas (ϕ) dinyatakan dalam Persamaan I

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

Sedangkan yang menyangkut porositas batuan yang porinya tidak jenuh air atau terisi air dinyatakan dalam Persamaan Archie II, yaitu:

$$\rho_t = \rho_b S_w^{-m} = a\rho_w\phi^{-m} S_w^{-m} \quad (2)$$

Hubungan resistivitas dalam Persamaan (2) direfleksikan dengan besar faktor formasi (F), yaitu:

$$F = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{a}{\phi^{-m}} \quad (3)$$

Tabel 1. Nilai resistivitas material

No	Bahan	Resistivitas (Ωm)
1	Udara	-
2	Pirit	3×10^{-1}
3	Galana	2×10^{-3}
4	Kwarsa	4×10^{10} s.d 1×10^{14}
5	Kalsit	1×10^{12} s.d 1×10^{13}
6	Batuan Garam	30 s.d 1×10^{13}
7	Mika	9×10^{12} s.d 1×10^{14}
8	Garnit	10^2 s.d 1×10^6
9	Gabro	4×10^3 s.d 1×10^6
10	Basalt	10 s.d 1×10^7
11	Batuan Gamping	50 s.d 1×10^7
12	Batuan Pasir	1 s.d 1×10^8
13	Batuan Serpih	20 s.d 1×10^3

Sumber : (Djoko Santoso, 2001)

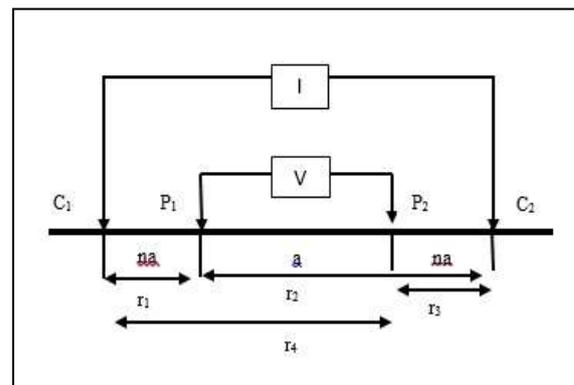
Faktor formasi dapat digunakan untuk pendugaan zona *aquifer* karena besaran tersebut berefleksi sebagai porositas pada batuan sedimen maupun batuan beku yang mengalami rekahan. Pada eksplorasi hidrogeologi, pengukuran resistivitas ρ dapat dilakukan langsung di lapangan, misalnya dengan metode hambatan jenis. Resistivitas air pengisi berpori ρ_w , selain dapat diukur langsung, juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_w = 10000 / \text{DHL} \quad (4)$$

dimana DHL adalah daya hantar listrik yang dinyatakan dalam (μs). (Telford and Geldart, 1990)

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* merupakan modifikasi dari bentuk konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan

sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 (atau C2-P2) dengan spasi antara P1-P2 seperti pada Gambar 2. Jika jarak antar elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2na + a$. Konfigurasi ini secara efektif menjadi konfigurasi *Schlumberger* ketika faktor n menjadi 2 dan seterusnya. Cakupan horizontal dan penetrasi kedalaman konfigurasi *wenner-Schlumberger* lebih baik 15 % dari konfigurasi *Wenner*. (Loke, 2000)



Sumber (Loke, 2000)

Gambar 2. Susunan elektroda Konfigurasi *Wenner Schlumberger*

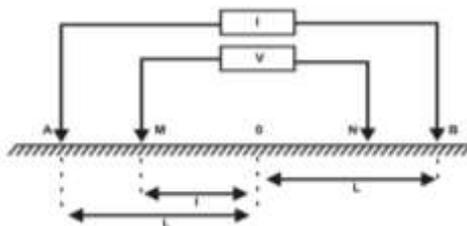
Berdasarkan Gambar 2^(2.4) maka faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah :

$$K = \frac{\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{na} - \frac{1}{na+a} \right) \right\}}$$

$$K = \pi n(n+1)a \quad (5)$$

Berdasarkan letak (konfigurasi) elektrodanya, dikenal jenis konfigurasi yaitu Konfigurasi *Schlumberger*. Pada konfigurasi *Schlumberger* elektroda arus dan elektroda potensial di letakkan seperti Gambar 3. Konfigurasi ini digunakan untuk menyelidikan perubahan resistivitas bawah permukaan ke arah vertikal. Pada titik ukur yang tetap, jarak elektroda arus dan tegangan diubah/divariasi. Metoda yang umum digunakan antara lain *Vertical Electrical Sounding* (VES). Menurut Loke (2000), dalam teknik ini pengukurannya adalah pengaturan elektroda dilakukan dengan jarak spasi elektroda diubah-ubah secara graduil untuk titik yang diamati, sedangkan elektroda potensial (M dan N) dibuat tetap. Dalam hal ini semakin besar jarak elektrod a maka arus yang diinjeksikan semakin dalam hingga semua lokasi pengukuran terlingkupi. Dimana hambatan jenisnya diberikan oleh Persamaan :

$$\rho = \frac{\pi(L^2 - I^2)}{2I} \frac{\Delta V}{I} = K \frac{\Delta V}{I} \quad (6)$$



Sumber (Loke, 2000)

Gambar 3. Konfigurasi elektrode *schlumberger*

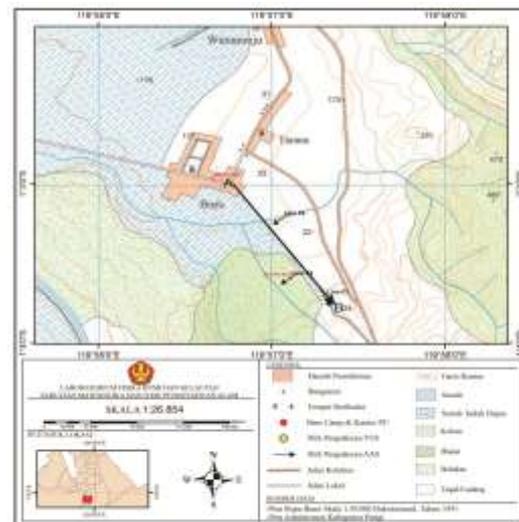
Faktor geometri untuk konfigurasi schlumberger adalah :

$$K = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \quad (7)$$

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran lapisan *aquifer* agar dapat memberikan manfaat berupa informasi mengenai sebaran lapisan *aquifer* di Desa Bora untuk dijadikan sebagai acuan dalam pengelolaan sumber air bersih.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di wilayah Kecamatan Sigi Biromaru, Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada posisi 1°03'00" - 1°04'00" LS, serta 119°56'00" - 120°58'00" BT. Untuk melihat secara jelas kondisi lokasi penelitian, di tampilkan peta lokasi penelitian pada Gambar 4



Gambar 4. Peta lokasi penelitian

Pengambilan data berdasar metode geolistrik, menggunakan beberapa peralatan sebagai berikut :

1. Satu set alat ukur geolistrik hambatan jenis, yaitu :
 - a. *Resistivitymeter*
 - b. Elektroda 20 buah
 - c. Kabel 300 m 4 gulung
 - d. Sumber arus listrik (accu)
 - e. Kabel penghubung
2. Satu buah kompas geologi berfungsi untuk menentukan arah lintasan pengukuran geolistrik
3. Meteran untuk menentukan jarak elektroda
4. Satu buah GPS (*Global Positioning System*) berfungsi untuk menentukan koordinat geografis dan elevasi titik pengukuran
5. Palu berfungsi untuk memukul patok elektroda arus dan potensial ke dalam tanah.
6. Alat tulis dan tabel data berfungsi untuk menginput data pengukuran.

Untuk memperoleh gambaran bawah permukaan di Desa Bora, maka dilakukan pengambilan data menggunakan metode geolistrik hambatan jenis dengan metode *Automatic Array Scanning* (AAS) sebanyak 3 bentangan dan *Vertical Elektrical Sounding* (VES) sebanyak 3 titik ukur.

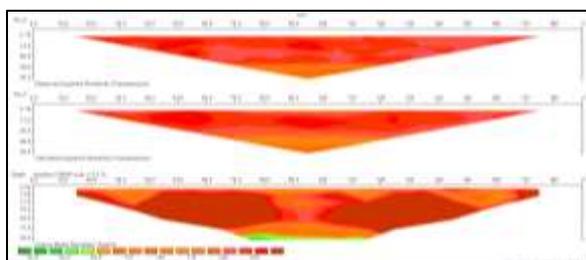
Hasil yang diperoleh dari pengambilan data diolah menggunakan program inversi dan didapatkan hasil berupa variasi nilai hambatan jenis, kedalaman dan ketebalan lapisan tiap pengukuran kemudian dianalisa dan diinterpretasikan. Tahapan interpretasi adalah penafsiran data hasil pengolahan data untuk mendapatkan kondisi kedalaman dan nilai resistivitas riil dari daerah penelitian yang selanjutnya dilakukan penafsiran kondisi bawah permukaan untuk mengetahui lapisan *aquifer*. Untuk memperoleh hasil interpretasi yang lebih akurat, maka diperlukan data-data pendukung yang berhubungan dengan kondisi daerah penelitian. Data-data yang diperlukan diantaranya, peta geologi, peta rupa bumi dan data Daya Hantar Listrik (DHL) air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

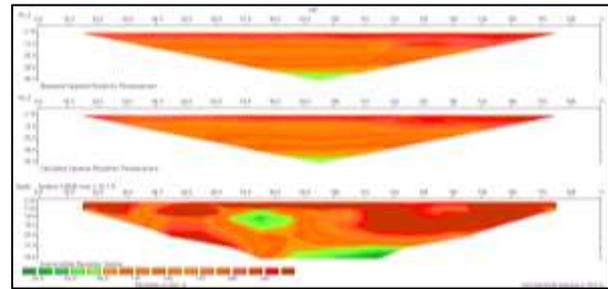
Dasar dalam menginterpretasikan hasil pengolahan data di daerah penelitian yaitu nilai hambatan jenis setiap bentangan, kondisi geologi, dan hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan di sekitar daerah penelitian (Karmila, 2008). Untuk mendapatkan gambaran lapisan bawah permukaan, maka dilakukan 2 metode pengukuran yang berbeda pada lokasi yang sama. Secara umum, berdasarkan nilai hambatan jenis yang diperoleh mencerminkan adanya

perbedaan litologi yang diinterpretasikan sebagai berikut:

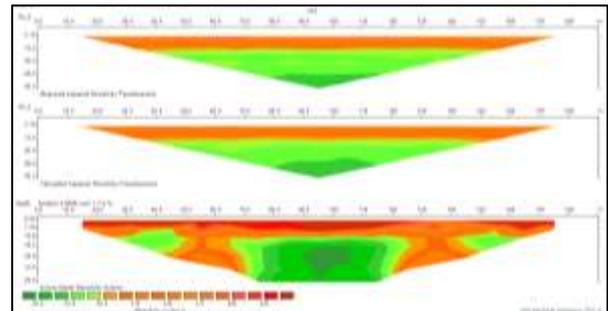
1. Nilai hambatan jenis yang berkisar lebih kecil dari $85 \Omega\text{m}$ ditunjukkan dengan warna hijau dengan nilai F sebesar 1,28 – 4,37. Diduga lapisan ini terdiri dari batupasir, batulempung, napal dan lumpur. Lapisan ini masuk dalam formasi Molasa Celebes. Berdasarkan faktor formasi yang diperoleh lapisan ini bersifat *permeabel* dan termaksud jenis *poor to medium aquifer*.
2. Nilai hambatan jenis lebih besar dari $85 \Omega\text{m}$ ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai F lebih besar dari 4. Diduga lapisan ini terdiri dari granit, diorit genesan dan genes yang diselingi dengan batuan konglomerat, batu gamping dan koral serta terdapat pula batuan dari satuan Formasi Latimojong dan Kompleks Wana. Lapisan ini bersifat solid sehingga tidak dapat meloloskan air ke permukaan.



Gambar 5. Hasil penampang data AAS Bentangan 1



Gambar 6. Hasil penampang data AAS Bentangan 2

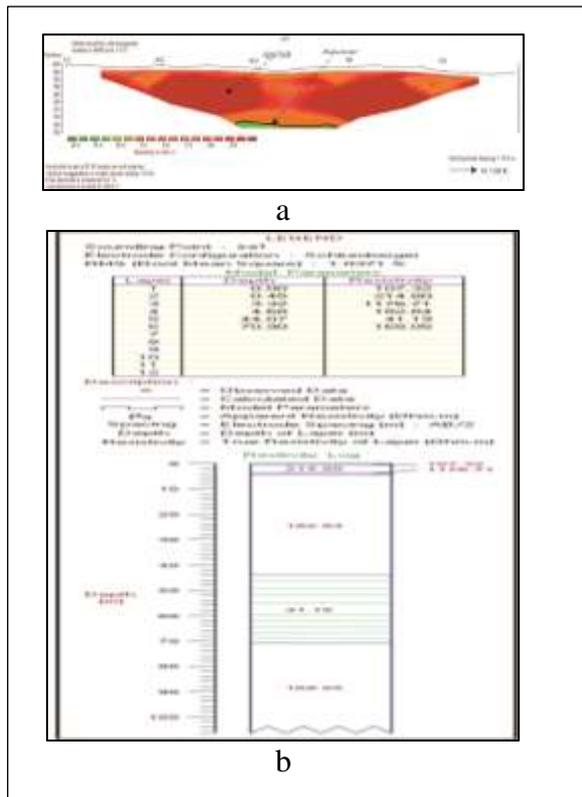


Gambar 7. Hasil penampang data AAS Bentangan 3

Untuk memperoleh gambaran tentang susunan lapisan bawah permukaan di setiap lintasan yang ditunjukkan pada Gambar 5, 6 dan 7 diinterpretasikan sebagai berikut :

1. Bentangan 1 berada pada ketinggian ± 200 m di atas permukaan laut (dpl) dengan arah bentangan barat laut ke tenggara dengan $N 135^{\circ} E$. Posisi bentangan ini berada pada koordinat $01^{\circ} 06'18,8''$ LS dan $119^{\circ} 95'51,5''$ BT. Berdasarkan Gambar 8, lapisan yang diduga merupakan lapisan *aquifer* yang ditunjukkan dengan warna hijau dengan faktor formasi 2,10. Pada gambar terlihat lapisan akuifer berada pada meteran 80 m dan meteran ke 110 m dengan kedalaman

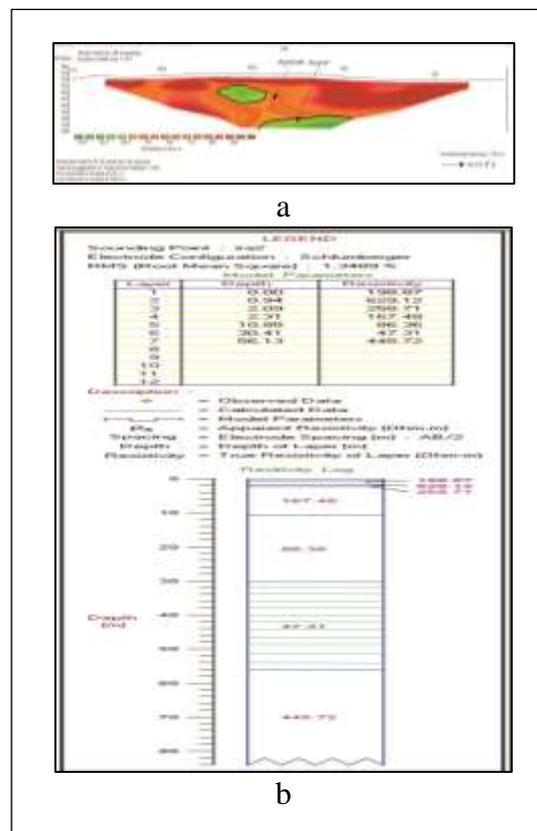
± 40 m bmt. Batas bawah dari lapisan ini dapat dilihat pada hasil pengolahan VES yaitu hingga kedalaman 71 m bmt dengan ketebalan 27,15 m bmt dengan arah sebaran tenggara ke barat laut.



Gambar 8. (a) Hasil pengolahan data AAS, (b) Hasil pengolahan data VES

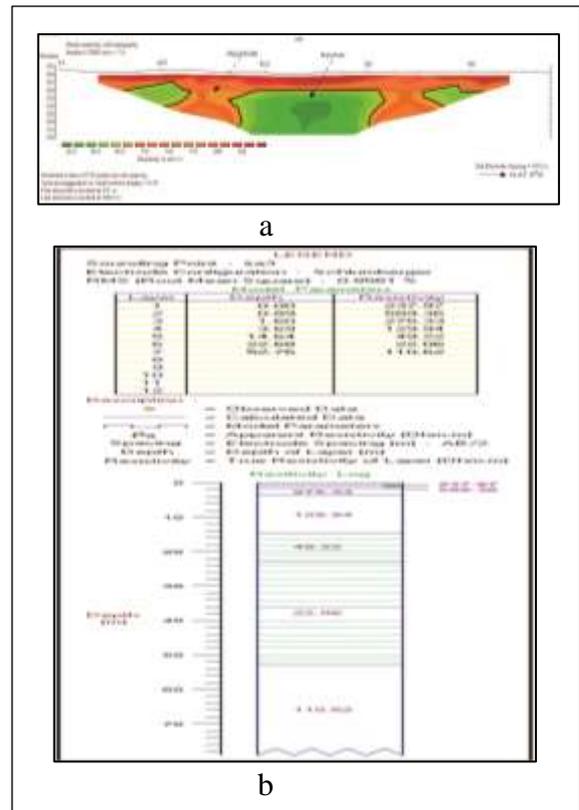
2. Bentangan 2 berada pada ketinggian ± 175 m di atas permukaan laut (dpl) dengan arah timur-timur laut ke barat barat daya dengan N 67,5⁰ E. Posisi bentangan ini berada pada koordinat 01°05'98,6" LS dan 119°95'18,7" BT. Pengukuran dilakukan di sekitar kantor Pekerjaan Umum (PU). Berdasarkan Gambar 9, lapisan yang diduga merupakan lapisan *aquifer*

yang ditunjukkan dengan warna hijau dengan faktor formasi 2,39. Pada gambar terlihat lapisan yang diduga *aquifer* berada pada meteran ke 70 m dengan kedalaman 10 m hingga 20 m bmt yang di kelilingi oleh lapisan 2. Selain itu juga terdeteksi pada kedalaman ± 30 m hingga kedalaman ± 50 m bmt. lapisan ini tersebar merata ke arah timur-timur laut hingga barat-barat daya dengan ketebalan ± 21 m bmt. Lapisan ini diduga merupakan lapisan batupasir, batulempung, napal dan lumpur yang merupakan *poor to medium aquifer* yang bersifat permeabel.



Gambar 9. (a) Hasil pengolahan data AAS, (b) Hasil pengolahan data VES

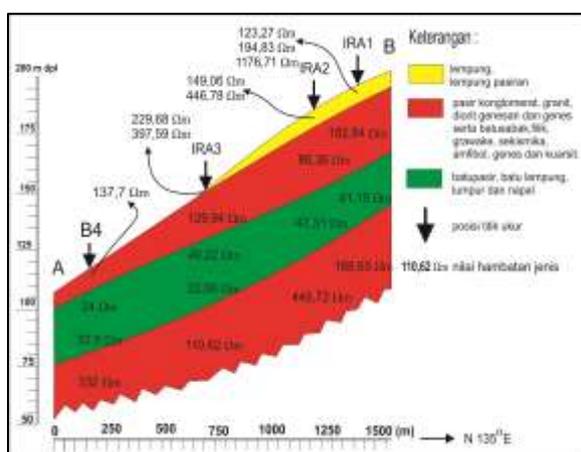
3. Bentangan 3 berada pada ketinggian ± 150 m di atas permukaan laut (dpl) dengan arah bentangan timur-timur laut ke barat-barat daya dengan N $67,5^0$ E. Posisi bentangan ini berada pada koordinat $01^{\circ} 05'36,2''$ LS dan $119^{\circ} 95'09,4''$ BT. ± 300 m dpl. Pengukuran ini dilakukan di pinggiran jalan setapak menuju kantor Bupati Sigi. Berdasarkan Gambar 10, lapisan yang diduga merupakan lapisan *aquifer* yang ditunjukkan dengan warna hijau dengan faktor formasi 1,14 – 2,51. Lapisan yang diduga merupakan lapisan *aquifer* berada dekat pada permukaan pada meteran ke ± 15 m hingga ± 160 m dpl yang tersebar hampir di seluruh penampang dengan arah timur-timur laut hingga batar-barat daya dengan kedalaman ± 13 m bmt. Berdasarkan nilai faktor formasi lapisan ini diduga merupakan *poor to medium aquifer* yang bersifat permeable.



Gambar 10. (a) hasil pengolahan data AAS, (b) hasil pengolahan data VES

Untuk melihat gambaran tentang *aquifer* di lokasi penelitian (Gambar 4), keseluruhan titik ukur dikorelasikan untuk mendapatkan 1 penampang hambatan jenis AB. Penampang hambatan jenis AB juga dikorelasikan dengan hasil penelitian sebelumnya yaitu titik ukur B4 (Karmila, 2008) untuk mendapatkan gambaran lapisan *aquifer* yang lebih jelas. Titik ukur ini berada pada ketinggian 110 m dpl yang arahnya sejajar dengan titik ukur 1-3. Hasil korelasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 11. Penampang hambatan jenis AB berada di tengah lokasi penelitian

berarah N 135⁰ E. Panjang penampang ± 1398 m dengan topografi berada pada ketinggian ± 150 m (Titik duga 3) naik ke arah tenggara hingga ketinggian ± 200 m (Titik duga 1). Dari penampang tersebut diperoleh 4 susunan lapisan dengan nilai hambatan jenis yang bervariasi berkisar antara 22,06 Ωm – 1176,71 Ωm dengan nilai F lebih besar dari 1 yang mencapai kedalaman 150 m bmt.



Gambar 11. Penampang hambatan jenis AB

Dari gambar penampang tersebut, terlihat susunan lapisan serta adanya lapisan yang diduga sebagai lapisan *aquifer* (warna hijau) yang tersebar hampir merata dari arah tenggara ke barat laut. Lapisan ini memiliki nilai hambatan jenis berkisar 22,06 Ωm – 49,22 Ωm dengan nilai F lebih besar dari 1. Lapisan ini diduga sebagai lapisan batulempung, batupasir, lumpur dan napal dengan kedalaman maksimum batas atas kurang lebih 40 m bmt dan kedalaman minimum batas atasnya ialah 9 m bmt. Sedangkan

kedalaman batas bawah maksimum sebesar 125 m bmt dengan ketebalan 40 m bmt.

Berdasarkan hasil penelitian di Desa Bora Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi maka dapat disimpulkan bahwa sebaran lapisan *aquifer* terdapat pada satuan batuan Molasa Celebes dan terdeteksi menyebar dekat permukaan hingga kedalaman 70 m bmt yang memanjang dan melebar ke arah tenggara hingga barat laut. Lapisan ini bernilai hambatan jenis lebih kecil dari 85 Ωm dengan faktor formasi > 1 yang diduga merupakan batupasir dan batulempung, lumpur dan napal. Untuk potensi akumulasi *aquifer* terbesar dapat di jumpai pada lintasan 3 hingga kedalaman ± 62 m bmt.

Sebaiknya jumlah bentangan untuk penelitian mengenai sebaran *aquifer* diperbanyak. Selain itu, perlu dilakukan perbandingan

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada teman-teman, kepada Kepala Desa Bora dan semua pihak yang terlibat, yang sudah membantu memfasilitasi dengan memberikan izin dalam pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Karmila, 2008, *Identifikasi Lapisan Aquiver Pasca Gempa Di Desa*

*Bora Kecamatan Sigi Biromaru
Kabupaten Donggala. Penelitian
Lapangan. Skripsi Program Sarjana
Sains FMIPA, Universitas
Tadulako, Palu.*

Loke, M. H, 2000, Electrical Imaging
Surveys for Enviromental and
Engineering Studies: *A Partical
Guide to 2-D and 3-D Surveys*

Ludman, A. 1982, *Physical Geology*, MC
Graw Hill, Lac, USA.

Telford., W.M, Geldart, L.P, 1990, *Aplied
Geophysies.*, Cambridge
University perss, London.

Unib, M, 2006, *Aquifer dan Pola Aliran
Air Tanah*, Pusat Lingkungan
Geologi, Bandung.