

APLIKASI METODE GEOLISTRIK HAMBATAN JENIS UNTUK PENDUGAAN SEBARAN AIRTANAH DI DESA LABUAN TOPOSO KABUPATEN DONGGALA

Maskur¹, Sri Wahyuni¹, Moh. Dahlan Th. Musa¹, dan Ahmad Imam Abdullah²

¹Program Studi Fisika Fakultas MIPA Universitas Tadulako

²Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Tadulako

ABSTRACT

The application of resistivity geoelectric methods has been done to estimate the distribution of groundwater in Labuan Toposo Village, Donggala Distric. This study aims to determine the aquifer layer. Measurements were performed on 5 line using the Automatic Array Scanning (AAS) dipole-dipole configuration method. The obtained data was processed using software Res2dinv 3.53 and Surfer 11 programs. The results obtained showed that the aquifer layer has a resistivity value between 31 – 81 Ω m and formation factor value 2 – 5. The aquifer layer is composed of sand and gravel. Dominant direction distribution of aquifer layers from northeast to southwest.

Keywords: Aquifer, Dipole-dipole, Geoelectric resistivity, Res2dinv, Surfer

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian aplikasi metode geolistrik hambatan jenis untuk pendugaan sebaran airtanah di Desa Labuan Toposo Kabupaten Donggala. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lapisan akuifer. Pengukuran dilakukan pada 5 lintasan dengan menggunakan metode Automatic Array Scanning (AAS) konfigurasi dipole-dipole. Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan software Res2Dinv 3.53 dan Surfer 11. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa lapisan akuifer mempunyai nilai hambatan jenis antara 31 – 81 Ω m dan nilai faktor formasi 2 – 5. Lapisan akuifer tersusun oleh pasir dan kerikil. Sebaran lapisan akuifer dominan berarah dari timur laut ke barat daya.

Kata kunci: Akuifer, Dipole-dipole, Geolistrik hambatan jenis, Res2dinv, Surfer.

I. PENDAHULUAN

Desa Labuan Toposo terletak di Kecamatan Labuan Kabupaten Donggala Provinsi Sulawesi Tengah. Desa Labuan Toposo terletak 28 km arah utara kota Palu dengan luas wilayah 57.19 km² dan jumlah penduduk sebanyak 2.868 jiwa (Badan Statistik Daerah Kecamatan Labuan Dalam Angka 2015). Topografi daerah ini sebagian besar berupa dataran dengan wilayah perbukitan di sebelah timurnya. Morfologi daerah ini berupa lahan pertanian tanaman pangan dan perkebunan, di mana luas lahan pertanian 214.87 Ha serta lahan perkebunan 39.53 Ha.

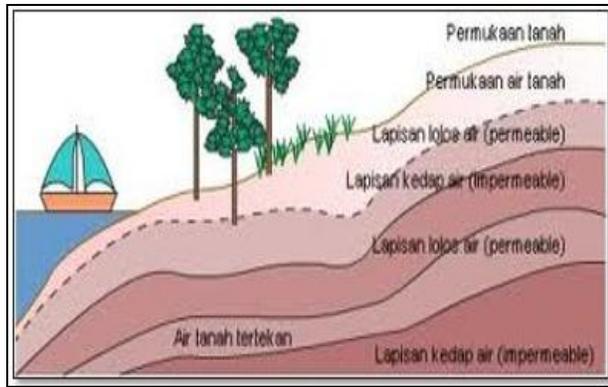
Berdasarkan observasi yang telah dilakukan, pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat di Desa Labuan Toposo, pada umumnya berasal dari sumur gali dan beberapa rumah tangga juga menggunakan sumur bor. Kedalaman sumur gali sebesar 5 – 10 meter dan sumur bor mencapai kedalaman 30 meter. Pada musim kemarau, sumur gali tersebut mengalami kekeringan, sehingga untuk memenuhi kebutuhannya, sebagian masyarakat memanfaatkan air irigasi. Namun kualitas air irigasi ini kurang baik dan keruh. Disamping mempengaruhi kesehatan penduduk, juga mempunyai rasa yang kurang enak jika dikonsumsi. Untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat khususnya air bersih, perlu dicarikan sumber air lain.

Salah satu alternatif apabila air permukaan tidak mencukupi adalah dengan memanfaatkan airtanah. Gijoh dkk. (2017) telah mengidentifikasi akuifer airtanah menggunakan metode geolistrik hambatan jenis konfigurasi dipole-dipole dengan menghasilkan nilai hambatan jenis lapisan akuifer $\rho = 7,16 \Omega\text{m}$ dan mendapatkan tingkat kedalaman 0 – 18 m bmt. Tarigan dan Singarimum (2016) telah melakukan pemodelan akuifer airtanah dengan metode geolistrik hambatan jenis konfigurasi dipole-dipole dengan menghasilkan nilai hambatan jenis lapisan akuifer $\rho = 1,17 - 3,65 \Omega\text{m}$ untuk memodelkan keberadaan airtanah

berdasarkan data nilai hambatan jenis lapisan bawah permukaan bumi dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole dan dapat ditampilkan pencitraannya dengan menggunakan *software Res2Dinv*. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode dan konfigurasi yang sama di Desa Labuan Toposo Kabupaten Donggala.

Airtanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 1993). Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum, No 537 tentang peta Cekungan Airtanah (CAT) WS Palu, keberadaan airtanah di Desa Labuan Toposo terdapat di bagian tengah Cekungan Airtanah (CAT) Tawaili, untuk mengetahui posisi dan sebaran airtanah tersebut, perlu dilakukan penelitian. Salah satu metode ilmiah yang sering digunakan dalam pendeteksian airtanah adalah metode geolistrik hambatan jenis.

Airtanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer (Tood, 1995). Airtanah ditemukan pada formasi geologi yang tembus air dikenal sebagai akuifer. Akuifer merupakan batuan atau regolith tempat airtanah berada. Aliran airtanah sering kali melewati suatu lapisan akuifer yang di atasnya memiliki lapisan penutup yang bersifat kedap air (*impermeable*) (Wuryantoro, 2007). Hal ini mengakibatkan perubahan tekanan antara airtanah yang berada di bawah lapisan tanah penutup. Lapisan batuan yang mampu menampung banyak air tetapi tidak atau kurang dapat meloloskannya disebut *aquiklud*, misalnya lempung. Airtanah yang permukaan atasnya berimpit dengan permukaan air dan berhubungan langsung dengan atmosfer dinamakan airtanah bebas (*unconfined aquifer*) atau akuifer yang tidak mempunyai batas. Akuifer yang dibatasi oleh *aquiklud* disebut airtanah tertekan (*confined aquifer*) seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Pembagian Lapisan berdasarkan sifat aliran tanah (Wuryantoro, 2007)

Hambatan jenis batuan berhubungan langsung dengan porositas dan tekstur batuan. Hubungan antara hambatan jenis dengan porositas pertama kali diusulkan oleh Archie (1942). Hambatan jenis (ρ) dan porositas (ϕ) dinyatakan dalam Persamaan I Archi:

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

Hubungan hambatan jenis dalam Persamaan (1) direfleksikan dengan besar faktor formasi (F), yaitu:

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

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

Pada eksplorasi hidrogeologi, pengukuran hambatan jenis ρ dapat dilakukan langsung di lapangan, misalnya dengan metode hambatan jenis. Hambatan jenis air pengisi berpori ρ_w , selain dapat diukur langsung, juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho_w = 10000 / \text{DHL} \quad (3)$$

Dari kedua besaran tersebut dapat dihitung nilai faktor formasi (F) dengan menggunakan Persamaan (2). Beberapa kesimpulan nilai faktor formasi dari beberapa

studi hidrogeologi yang diperoleh (Taib, 1999) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi pendugaan faktor formasi untuk batuan sedimen

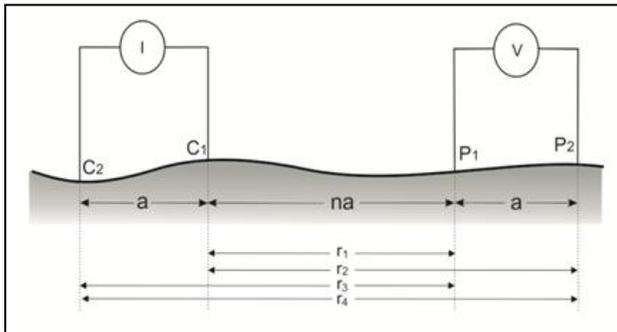
No	F	Formasi	Aquiver/Aquiclude
1	≤ 1	Clay	Aquiclude
2	1 - 1,5	Peat, clayey sand atau silf	Aquiclude
3	2	Silf – find sand	Poor to medium aquiver
4	3	Medium sand	Medium to productive aquiver
5	4	Coarse sand	Produktive aquiver
6	5	Gravel	Hightly productive aquiver

Sumber : Taib, 1999

Metode *Automatic Array Scanning (AAS)* adalah metoda geolistrik hambatan jenis yang melakukan pengukuran berulang-ulang serta berurutan dengan menggunakan kedalaman penetrasi tertentu. Metode ini diawali oleh penelitian Barker (1981) dengan menggunakan metode *Offset Wenner*, Van Overmeren dan Ritsema (1988) menamakan metode ini sebagai *Continuous Vertical Electrical Sounding (CVES)* dan digunakan untuk aplikasi hidrogeologi. material di bawah permukaan bumi (Lowrie, 2007).

Metode geolistrik hambatan jenis digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan bawah permukaan bumi. Pada metode ini, masing-masing perlapisan batuan terpresentasikan oleh variasi nilai hambatan jenis. Nilai hambatan jenis setiap lapisan batuan ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya jenis material penyusunnya, kandungan air dalam batuan, sifat kimia air dan porositas batuan. Dengan mengetahui nilai hambatan jenis dari perlapisan batuan dapat diduga jenis material batuan yang berpotensi sebagai lapisan akuifer.

Pada metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole, C_2 dan C_1 merupakan elektroda arus sedangkan P_1 dan P_2 merupakan elektroda potensial. Jarak antara elektroda arus C_2 C_1 sama dengan jarak antara elektroda potensial P_1 P_2 yaitu a sedangkan jarak antara elektroda arus C_1 dan elektroda potensial P_1 yaitu na . Variasi nilai n dapat digunakan untuk memperoleh kedalaman pengukuran yang diinginkan, semakin besar nilai n maka kedalaman yang diperoleh juga semakin besar. Tingkat sensitivitas jangkauan pada konfigurasi dipole-dipole dipengaruhi oleh besarnya spasi elektroda a dan variasi n yang digunakan (Reynolds, 1997). Selain itu, konfigurasi yang berbeda juga menghasilkan titik datum yang berbeda dengan konfigurasi geolistrik lainnya. Konfigurasi dipole-dipole menghasilkan titik datum yang dapat menjangkau lapisan bawah permukaan bumi dengan radius cakupan yang lebih lebar (Tarigan dan Singarimbus, 2016).



Gambar 2 Konfigurasi dipole-dipole (Reynolds, 1997)

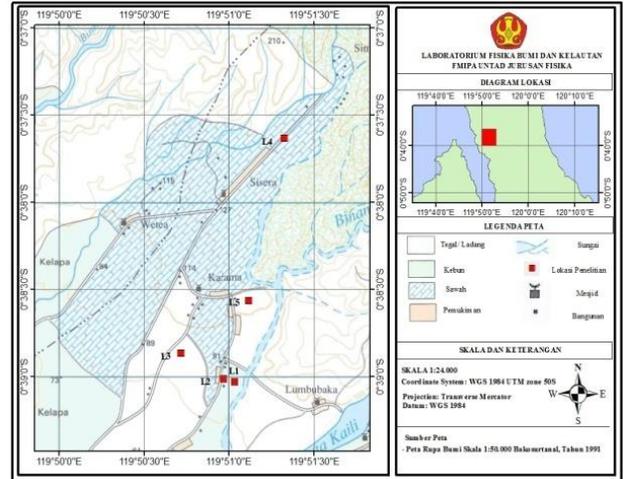
Berdasarkan Gambar 1 di atas maka faktor geometri untuk konfigurasi Dipole-dipole adalah:

$$K = \pi n (n + 1)(n + 2)a \quad (4)$$

II. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di Desa Labuan Toposo, Kecamatan Labuan, Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada posisi $00^{\circ} 37' 00'' - 00^{\circ} 39' 00''$ LS, serta $119^{\circ} 50' 30'' - 119^{\circ} 52' 00''$ BT. Untuk melihat secara jelas kondisi

lokasi penelitian, ditampilkan peta lokasi penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta lokasi penelitian (Bakosurtanal, 1991)

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

- a. Satu set alat ukur geolistrik hambatan jenis, yang terdiri dari :
 1. Resistivimeter
 2. Elektroda 25 buah
 3. Kabel 4 gulung
 4. Sumber arus listrik (accu)
 5. Kabel penghubung
- b. Satu buah GPS (*Global Positioning System*), berfungsi untuk menentukan posisi dan elevasi titik pengukuran.
- c. Konduktivimeter, berfungsi untuk mengukur daya hantar listrik.
- d. Satu buah kompas geologi berfungsi untuk menentukan arah lintasan pengukuran geolistrik.
- e. Rolmeter (meteran), berfungsi untuk mengukur panjang lintasan yang akan diukur.
- f. Palu, berfungsi untuk memasang elektroda potensial dan elektroda arus ke dalam tanah.
- g. *Software Res2Dinv* untuk melakukan pengolahan data
- h. *Software Surfer* berfungsi untuk mengfilter data-data

- i. Alat tulis dan tabel data berfungsi untuk menginput data pengukuran

Pengambilan data di lapangan dilakukan pada 5 titik pengukuran dimulai dengan mempersiapkan alat, menentukan posisi titik ukur. Kemudian memasang elektroda dengan spasi antar elektroda 9 meter. Membentangi dan memasang kabel pada elektroda sejauh 216 meter. Menentukan arah bentangan dengan menggunakan kompas geologi dan posisi koordinat elektroda. Merangkai alat resistivimeter dan melakukan pengukuran. Data yang diperoleh dari pengukuran di lapangan adalah data arus (I) dan beda potensial (V), serta spasi antar elektroda (a).

Dari data tersebut, kemudian diolah dengan menggunakan program *Res2Dinv* dan *Surfer*. Hasil yang diperoleh dari program inversi tersebut berupa variasi nilai hambatan jenis, kedalaman dan ketebalan lapisan yang kemudian dianalisa dan diinterpretasikan.

Tahapan interpretasi adalah penafsiran data hasil pengolahan data untuk mendapatkan kondisi kedalaman dan nilai resistivitas sebenarnya dari daerah penelitian yang selanjutnya dilakukan penafsiran kondisi bawah permukaan. 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 DHL air.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

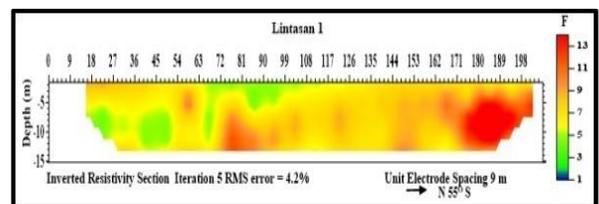
Dasar dalam menginterpretasikan hasil pengolahan data di daerah penelitian adalah nilai hambatan jenis setiap lintasan, data daya hantar listrik (DHL) dan kondisi geologi. Kondisi geologi wilayah penelitian berada pada satuan formasi Molasa Celebes, maka digunakan klasifikasi pendugaan faktor formasi batuan sedimen (Tabel 1). Pada pengolahan data DHL diperoleh nilai rata-rata hambatan jenis air pengisi pori yaitu 16,21 Ωm yang kemudian

digunakan untuk menghitung nilai faktor formasi batuan (Persamaan 2). Secara umum, berdasarkan nilai hambatan jenis yang diperoleh mencerminkan adanya perbedaan litologi yang diinterpretasikan sebagai berikut:

1. Lapisan 1 dengan hambatan jenis $< 31 \Omega\text{m}$ dengan faktor formasi < 2 ditunjukkan dengan warna biru. Lapisan ini diduga sebagai lapisan lempung, lempung pasir dan batu lumpur. Berdasarkan nilai faktor formasi yang diperoleh lapisan ini bersifat akuiklud.
2. Lapisan 2 dengan hambatan jenis 31-81 Ωm dengan faktor formasi 2 – 5 ditunjukkan dengan warna hijau diduga sebagai lapisan pasir dan kerikil. Lapisan ini merupakan lapisan akuifer dengan permeabilitas sedang sampai tinggi.
3. Lapisan 3 dengan hambatan jenis $> 81 \Omega\text{m}$ dengan nilai faktor formasi > 5 ditunjukkan dengan warna kuning sampai merah. Lapisan ini diduga sebagai lapisan batupasir, konglomerat dan batu gamping.

Untuk memperoleh gambaran tentang lapisan akuifer bawah permukaan, maka keseluruhan penampang hambatan jenis diinterpretasikan melalui penampang faktor formasi sebagai berikut:

1. Lintasan-1

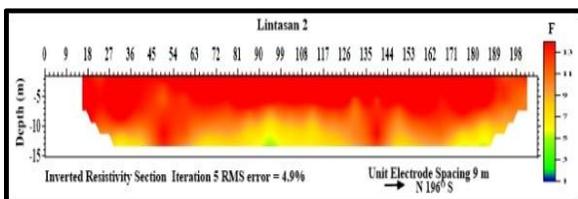


Gambar 4 Penampang 2-D faktor formasi pada Lintasan-1

Pada Gambar 4 terdeteksi adanya Lapisan 2 (pasir dan kerikil) yang berhambatan jenis sebesar 31 – 81 Ωm ditunjukkan pada warna hijau dengan nilai faktor formasi 2 – 5. Lapisan tersebut dapat dilihat pada kedalaman 6-13 m bmt dan ketebalan lapisan ± 10 m. lapisan

ini diduga merupakan lapisan yang terkandung airtanah. Selain itu, lapisan yang sama muncul di dekat permukaan sampai kedalaman ± 13 m bmt yang berada pada meteran 63 hingga meteran 108. Namun, tidak semua nilai yang mempunyai nilai hambatan jenis sama tersebut merupakan lapisan akuifer. Warna atau nilai hambatan jenis yang sama yang berada pada posisi yang lebih dangkal dari airtanah dapat disebut dengan air resapan. Hal ini, sesuai dengan data Sumur 1 yang berada di sekitar lintasan pengukuran dengan kedalaman sumur gali sekitar 21 m bmt. Pada lintasan ini didominasi oleh Lapisan 3 (batupasir, konglomerat dan batu gamping) berhambatan jenis $> 81 \Omega\text{m}$ yang merupakan lapisan batuan keras.

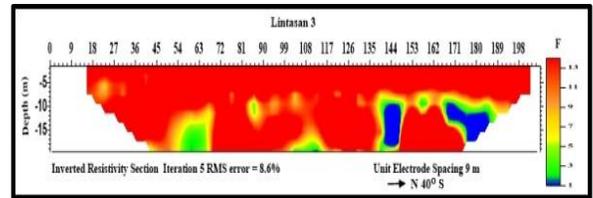
2. Lintasan-2



Gambar 5 Penampang 2-D faktor formasi pada Lintasan-2

Berdasarkan Gambar 5 lintasan ini tidak terdeteksi adanya lapisan akuifer. Lintasan ini didominasi oleh Lapisan 3 (batupasir, konglomerat dan batu gamping) di sepanjang bentangan yang terdeteksi hingga kedalaman 15 m bmt dengan nilai hambatan jenis $> 81 \Omega\text{m}$ dengan nilai faktor formasi > 5 . Lapisan tersebut merupakan lapisan *impermeable*, sehingga sangat sulit untuk terdapatnya airtanah. Pada gambar penampang menunjukkan kesesuaian data sumur bor dengan kedalaman ± 40 m bmt. Namun, bila penetrasi kedalaman diperbesar kemungkinan akan terdeteksi adanya akuifer dilapisan yang lebih dalam.

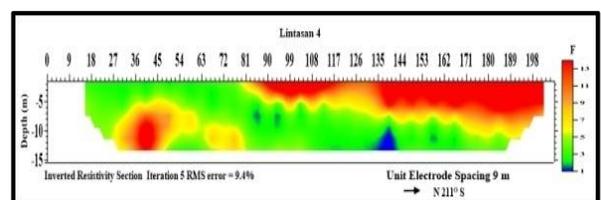
3. Lintasan-3



Gambar 6 Penampang 2-D faktor formasi pada Lintasan-3

Pada Gambar 6 lintasan ini terdeteksi adanya lapisan akuifer yang berhambatan jenis $31 - 81 \Omega\text{m}$ ditunjukkan pada warna hijau dengan nilai faktor formasi $2 - 5$. Berdasarkan faktor formasi yang diperoleh lapisan ini bersifat *permeabel* dan merupakan lapisan akuifer dengan permeabilitas sedang sampai tinggi. Lapisan akuifer ini berada pada meteran 54 – 68 dengan kedalaman 14 – 19 m bmt dan ketebalan lapisan ± 6 m, pada meteran 100 – 111 terdeteksi di kedalaman 16 – 19 m bmt dan ketebalan lapisan ± 4 m, pada meteran 136 – 147 terdeteksi di kedalaman $\pm 8 - 19$ m mt dan ketebalan lapisan ± 14 m. Lapisan akuifer dapat dijumpai juga pada meteran 163 – 188 dengan kedalaman ± 8 m bmt dan ketebalan lapisan ± 11 m. Lapisan ini diselingi oleh Lapisan 1 (lempung, lempung pasiran dan batu lumpur) dengan nilai hambatan jenis $< 31 \Omega\text{m}$ dengan faktor formasi < 2 dan di bagian atasnya dibatasi oleh Lapisan 3 (batupasir, konglomerat dan batu gamping) dengan nilai hambatan jenis $> 81 \Omega\text{m}$ dengan nilai faktor formasi > 5 . Pada Lokasi lintasan ini memiliki data sumur bor dengan kedalaman ± 30 m bmt, namun data sumur jauh dari lintasan pengukuran.

4. Lintasan-4

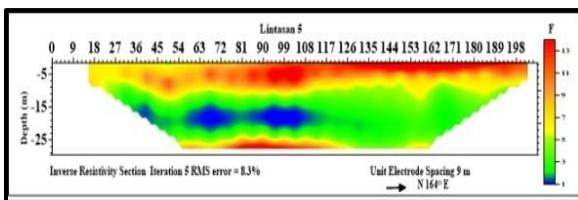


Gambar 7 Penampang 2-D faktor formasi pada Lintasan-4

Berdasarkan Gambar 7 Terlihat lapisan dengan nilai hambatan jenis $31 - 81 \Omega\text{m}$ ditunjukkan pada warna hijau dengan nilai faktor

formasi adalah 2 – 5. lapisan ini bersifat *permeabel* dan merupakan lapisan akuifer dengan permeabilitas sedang sampai tinggi. Lapisan tersebut berada dekat permukaan sampai kedalaman ± 9 m bmt, pada meteran 18 – 79. Lapisan akuifer dijumpai juga pada meteran 81 – 189, dimana lapisan ini dibatasi oleh Lapisan 3 (batupasir, konglomerat dan batu gamping) di bagian atasnya. Lapisan akuifer terlihat hampir disepanjang lintasan yang menipis ke arah barat daya sampai kedalaman ± 13 , dengan ketebalan maksimum lapisan ± 11 m dan minimum ± 3 m. Pada lintasan ini tidak ditemukan sumur di sekitar lokasi pengukuran karena penduduk yang tinggal di wilayah tersebut hanya memanfaatkan air irigasi.

5. Lintasan-5



Gambar 8 Penampang 2-D faktor formasi pada Lintasan-5

Berdasarkan Gambar 8 pada lintasan ini terdeteksi adanya lapisan akuifer di sepanjang bentangan dengan nilai hambatan jenis 31 – 81 Ω m ditunjukkan pada warna hijau dengan nilai faktor formasi adalah 2 – 5. lapisan ini bersifat *permeabel* dan merupakan lapisan akuifer dengan permeabilitas sedang sampai tinggi. Lapisan tersebut terlihat pada kedalaman 6 – 27 m bmt, menebal ke arah tenggara dan menipis ke arah barat laut yang dibatasi oleh Lapisan 3 (batupasir, konglomerat dan batu gamping) di bagian atasnya maupun di bagian bawahnya. Ketebalan lapisan akuifer tersebut adalah ± 19 m. Lintasan ini memiliki kesesuaian data sumur yaitu kedalaman air sumur ± 6 m bmt.

Berdasarkan hasil dan tujuan penelitian dapat disimpulkan bahwa posisi lapisan akuifer di Desa Labuan Toposo berada pada kedalaman bervariasi antara ± 6 hingga 27 m bmt. Lapisan

akuifer tersebut terdeteksi menyebar dari arah timur laut ke barat daya lokasi penelitian dengan ketebalan mencapai 3 hingga 19 m. Lapisan ini diinterpretasikan dengan nilai hambatan jenis dengan berkisar antara 31 Ω m – 81 Ω m yang berada pada formasi Molasa Celebes. Lapisan ini terdiri dari pasir, dan kerikil yang memiliki nilai faktor formasi 2 – 5.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan tujuan penelitian dapat disimpulkan bahwa posisi lapisan akuifer di Desa Labuan Toposo berada pada kedalaman bervariasi antara ± 6 hingga 27 m bmt. Lapisan akuifer tersebut terdeteksi menyebar dari arah timur laut ke barat daya lokasi penelitian dengan ketebalan mencapai 3 hingga 19 m. Lapisan ini diinterpretasikan dari nilai hambatan jenis yang berkisar antara 31 – 81 Ω m yang berada pada formasi Molasa Celebes. Lapisan ini terdiri dari pasir, dan kerikil yang memiliki nilai faktor formasi 2 – 5.

Saran

Perlu dilakukan studi geolistrik lebih lanjut dengan konfigurasi lain, guna memperoleh kedalaman yang diinginkan. Selain itu, jika ingin dilakukan pengeboran air tanah di lokasi penelitian, maka disarankan dikedalaman 15-29 m bmt.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembahas yang ikut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini serta teman-teman, dan kepada Kepala Desa Labuan Toposo dan semua pihak yang terlibat, yang sudah membantu memfasilitasi dengan memberikan izin dalam pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Archie, G. (1942). *The Electrical Resistivity Log as an Aid in Determining some Reservoir Characteristics*. *Petroleum Transactions of the American Institute of Mineralogical and Metallurgical Engineers*, 146, 54-62.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Donggala. (2016). *Statistik Daerah Kecamatan Labuan 2015*, Kabupaten Donggala.
- Gijoh, O. T., As'ari., dan Pasau, W. (2017). Identifikasi Akuifer Airtanah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-dipole di Masjid Kampus Universitas Sam Ratulangi, *Jurnal Mipa Unsrat Online*, Vol. 6, No. 1, PP 17-20.
- [KEPMEN] Keputusan Menteri, Pekerjaan Umum. (2014). *Pola Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Palu*. Jakarta.
- Loke, M. H. (2004). *Tutorial: 2-D And 3-D Electrical Imaging Surveys*.
- Lowrie, W. (2007). *Fundamentals of Geophysics*, Second Edition. Cambridge : Cambridge University Press.
- Reynolds, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley dan Sons, P. 798.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. (1993). *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Taib, Tachyudin M. I. (1999). *Eksplorasi Geolistrik*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tarigan, S. D., dan Singarimbun, A. (2016). *Pemodelan Akuifer Air Tanah dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipole-dipole*. *PROSIDING SNIPS* (pp. 680-687).
- Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press, P. 751.
- Todd, D. K. (1995). *Groundwater Hydrology, Second Edition*. John Wiley dan Sons, Singapore
- Wuryantoro. (2007). *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Aquifer Airtanah*. Universitas Negeri Semarang, Semarang.