



Jambura Geoscience Review

p-ISSN 2623-0682 | e-ISSN 2656-0380

Department of Earth Science and Technology, Universitas Negeri Gorontalo



Karakteristik Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik *Resistivity* Di Kecamatan Kota Tengah Kota Gorontalo

Rizky Hizrah Wumu¹, Ahmad Zainuri¹ , Noviar Akase¹ ¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Moutong, Tilongkabila, Kabupaten Bone Bolango 96119, Gorontalo, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 23 December 2021

Accepted: 17 January 2022

Published: 24 January 2022

Keywords:

Aquifer; Geoelectric; Groundwater; Lithology; Resistivity

Corresponding author:

Noviar Akase

Email: noviar.akase@gmail.com

Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

ABSTRACT

Kota Tengah Subdistrict has the highest population density in Gorontalo City, with a population density of 6,755 people/km². This high population density requires a large amount of water to meet the needs of the population, where one form of fulfillment is taken from groundwater. For this reason, it is necessary and important to know the characteristics of aquifers. This study aims to determine the characteristics of groundwater aquifers in the Kota Tengah Subdistrict. The method used is the resistivity geoelectric method to obtain aquifer characteristics in the form of material type (lithology), depth, and thickness of the aquifer. Based on the geoelectrical analysis in TS 01 there are 4 layers, namely topsoil, clay sand, sand, and clay; TS 02 contains topsoil, sand, and clay layers; TS 03 contains topsoil, sand, and clay. The study found that the lithology of the near-surface layer in the Kota Tengah subdistrict can be classified into aquifers and aquicludes. The aquifer layer is formed by sand-sized sedimentary deposits that have high permeability while the aquiclude is clay-sized which is impermeable. The aquifer layer was found starting from a depth of 0,57 m. The average thickness of the aquifer layer was 13,8 m which is interpreted as an unconfined aquifer. This study also found other deeper aquifer layers as confined aquifers that can not be further interpreted due to the limitations of the method used.

How to cite: Wumu, R. H., Zainuri, A., & Akase, N. (2022). Karakteristik Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Di Kecamatan Kota Tengah Kota Gorontalo. *Jambura Geoscience Review*, 4(1), 60-68. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v4i1.12752>

1. PENDAHULUAN

Kota Gorontalo merupakan ibukota Provinsi Gorontalo yang secara administratif terbagi atas sembilan kecamatan. Kota Tengah merupakan kecamatan yang memiliki penduduk terpadat di Kota Gorontalo dengan tingkat kepadatan penduduk 6.755 jiwa/km² (BPS, 2020). Kepadatan yang tinggi ini tentu akan memerlukan jumlah air tawar yang besar untuk memenuhi kebutuhan hidup penduduk, yang salah satunya dapat disuplai dari airtanah. Airtanah dalam siklus hidrostatik adalah sumber utama cadangan air tawar. Kondisi geologi suatu daerah sangat berkaitan dengan keterdapatan, penyebaran, dan pergerakan airtanah karena terdapat dalam litologi di bawah permukaan tanah (Permana, 2019). Pemanfaatan airtanah di wilayah padat penduduk perlu diawasi secara ketat untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan airtanah yang berlebihan. Pengawasan tersebut dapat lebih efektif dilakukan apabila terdapat data karakteristik akuifer sebagai dasar penentuan pola pemanfaatan airtanah yang aman.

Penentuan karakteristik akuifer berupa jenis material (litologi), kedalaman, dan ketebalan akuifer dapat dilakukan dengan melaksanakan survei bawah permukaan. Metode geolistrik merupakan salah satu metode survei bawah permukaan. Di antara ragam metode geolistrik,

metode tahanan jenis (*resistivity*) adalah teknik yang banyak digunakan. Hasil yang akurat dengan biaya operasional yang relatif murah dan kecepatan waktu akuisisi data membuat teknik geolistrik *resistivity* umum digunakan (Harjito, 2013), hal tersebut juga yang menjadi alasan penggunaan metode geolistrik *resistivity* dalam penelitian ini.

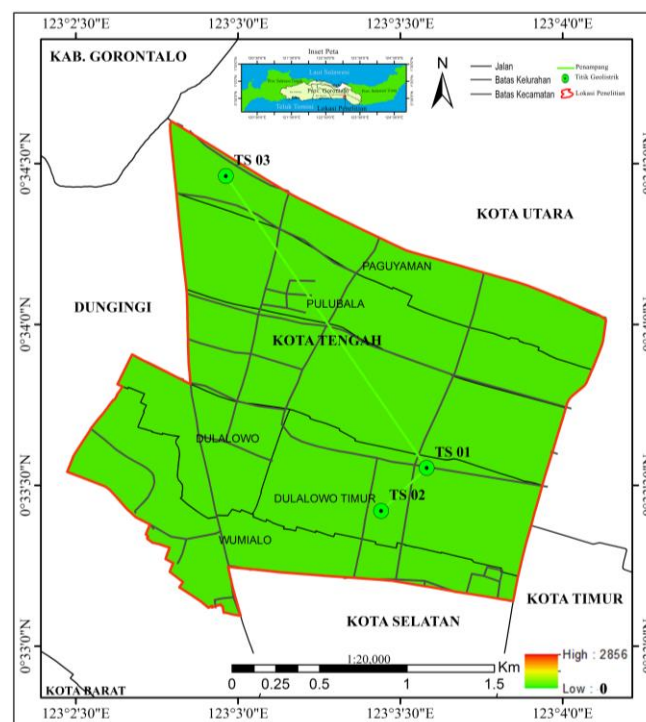
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Jusuf, 2015) bahwa, morfologi daerah penelitian adalah Satuan Bentangalam Pedataran, kemiringan lereng satuan ini sebesar 0 – 2 % atau 1 – 5°, memperlihatkan topografi datar dengan beda tinggi < 5m serta morfogenesanya dipengaruhi oleh proses fluviatil. Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas litologi berupa lempung, pasir, pasir lempungan, dan kerikil pasiran yang dinamakan Satuan Endapan Aluvial. Satuan litologi ini menempati 10 % dari luas wilayah Kota Gorontalo (Jusuf, 2015). Proses infiltrasi di daerah ini tergolong lambat karena jenis tanah lempung yang dimilikinya sehingga disaat terjadi curah hujan tinggi akan menimbulkan genangan air permukaan akibat kondisi tanah yang cepat jenuh (Arifin & Kasim, 2012).

Pengetahuan kondisi atas permukaan daerah penelitian akan sangat baik jika ditunjang dengan pengetahuan kondisi bawah permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik akuifer di Kecamatan Kota Tengah berupa jenis material penyusun (litologi), kedalaman dan ketebalan akuifer melalui interpretasi kondisi bawah permukaan.

2. METODE

2.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian berupa GPS, *resistivity* meter, dan rol meter. GPS digunakan untuk mengetahui titik koordinat dan elevasi titik *sampling* sumur dan geolistrik. GPS yang digunakan ialah Garmin Extrex 10. *Resistivity* meter merupakan alat untuk mengetahui perubahan resistivitas lapisan litologi di bawah permukaan dengan mengalirkan arus listrik DC yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Rol meter digunakan untuk mengukur kedalaman sumur untuk menentukan nilai muka airtanah (MAT), mengukur panjang lintasan geolistrik, dan mengukur posisi elektroda. Terdapat 3 titik geolistrik yang tersebar di daerah penelitian yang terdiri dari TS 01 dengan koordinat N 00°33,00"33,26' E 123°03,00"34,89', elevasi 10 m, panjang lintasan 150 m. TS 02 dengan koordinat N 00°33,00"25,25' E 123°03,00"26,46' , elevasi 9 m, panjang lintasan 200 m. TS 03 dengan koordinat N 00°34,00"27,69' E 123°02,00"27,76', elevasi 15 m, panjang lintasan 200 m (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Penentuan Resistivitas Bawah Permukaan

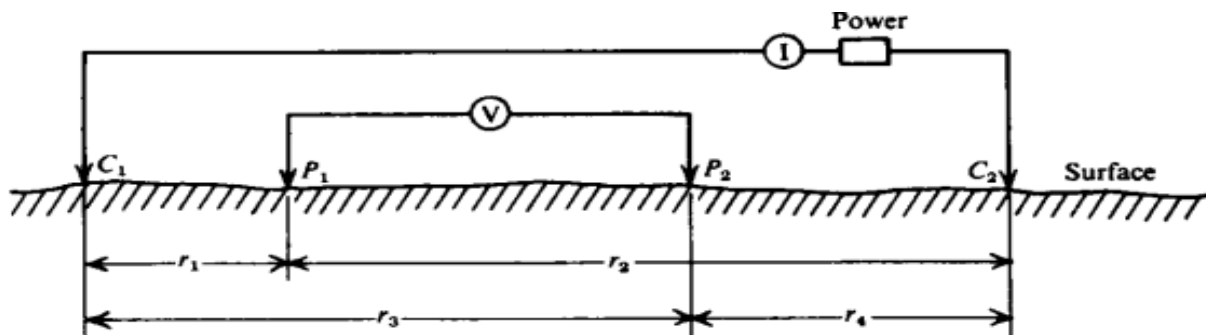
Persamaan Metode resistivitas menggunakan sumber arus buatan yang dialirkan ke dalam tanah melalui elektroda arus dan elektroda potensial. Prosedurnya adalah mengukur potensial pada elektroda di sekitar aliran arus. Dari hasil pengukuran arus dan potensial dapat ditentukan resistivitas semu bawah permukaan (Telford et al., 1990). Interpretasi kondisi bawah permukaan berupa ketebalan dan kedalaman akuifer adalah bagian tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sehingga variasi sebaran litologi secara vertikal harus diketahui. Metode VES (*Vertical Electrical Sounding*) dapat digunakan untuk menduga lapisan-lapisan material di bawah permukaan bumi berdasarkan sifat resistivitasnya secara vertikal. Konfigurasi *Schlumberger* merupakan salah satu konfigurasi elektroda yang dapat dijalankan untuk metode VES. Penentuan resistivitas pada penelitian ini menggunakan konfigurasi Schlumberger. Gambar 2 menunjukkan konfigurasi dari pengambilan data resistivitas membutuhkan empat elektroda yaitu dua elektroda potensial dan dua elektroda arus yang dipatok ke dalam tanah dengan pengaturan jarak elektroda arus C_1C_2 (AB) lebih besar dari jarak elektroda potensial P_1P_2 (MN) (Utiya et al., 2015; Telford et al., 1990). Hasil distribusi arus dan besar potensial yang dipancarkan digunakan untuk menentukan resistivitas bawah permukaan (Manrulu et al., 2018). Nilai resistivitas semu material dihitung menggunakan Persamaan 1 berdasarkan arus dan beda potensial dari hasil pengukuran:

$$\rho_{semu} = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

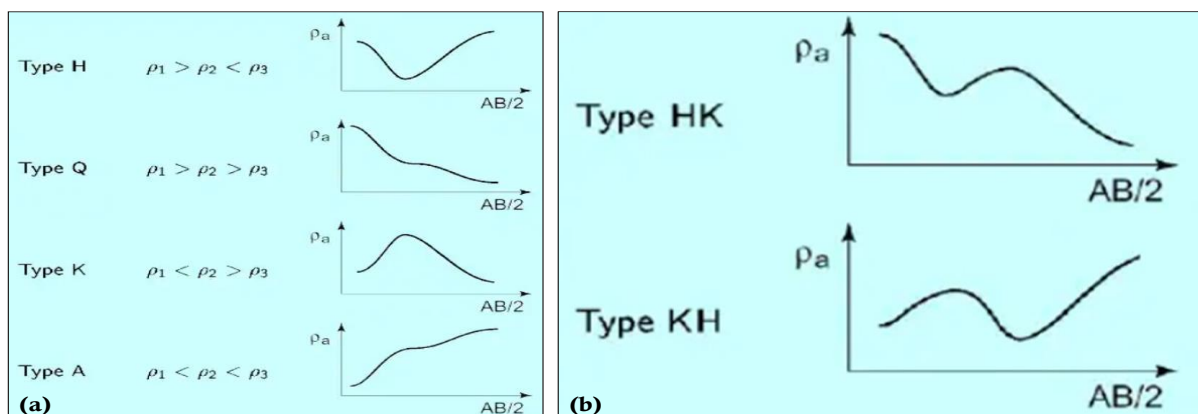
dimana: I adalah kuat arus (ampere); ΔV adalah beda potensial (Volt); ρ_{semu} adalah resistivitas (ohm); K adalah faktor geometri konfigurasi elektroda potensial dan elektroda arus (meter) (Koesuma et al., 2016). Nilai K untuk faktor geometri konfigurasi Schlumberger dihitung dengan Persamaan 2:

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

dimana: L adalah jarak dari elektroda MB dan l adalah jarak dari elektroda MN.



Gambar 2. Sistem pengaturan elektroda untuk konfigurasi *schlumberger* (Telford et al., 1990)



Gambar 3. (a) Tipe-tipe utama kurva sounding untuk Interpretasi Kualitatif, (b) Tipe kurva gabungan dari tipe-tipe utama (>3 Lapisan) (Hendra, 2009)

Tabel 1. Nilai resistivitas bawah permukaan

Resistivitas (Ωm)	Material (Litologi)
200 – 10000	Granit
$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$	Andesit
200 – 100000	Basalt
500 – 10000	Gamping
200 – 8000	Batu Pasir
1 – 1000	Pasir
1 – 100	Lempung
100 – 600	Kerikil
0	Air (Udara)
0,5 – 300	Airtanah
0,2	Air asin

Sumber: Telford et al. (1990); Zohdy (1990) dalam Anam & Adji (2018) dan Risanti et al., (2018)

2.3. Penentuan Jumlah Lapisan dan Jenis Litologi Bawah Permukaan

Interpretasi kualitatif data VES didasarkan pada pola kurva *sounding* tiap titik ukur dan data geologi yang tersedia. Pola kurva *sounding* untuk menentukan jumlah lapisan dan data geologi untuk menentukan jenis litologi. Pola kurva yang menjadi dasar interpretasi yaitu tipe kurva utama 3 lapisan pada Gambar 3a, atau gabungan tipe kurva utama (>3 lapisan) pada Gambar 3b (Hendra, 2009).

Nilai resistivitas semu yang dihasilkan dari Persamaan 1, diolah menggunakan software IP2Win untuk mengetahui jumlah lapisan, resistivitas, kedalaman dan ketebalan lapisan. Jenis litologi ditentukan berdasarkan data resistivitas dari tiap lapisan. Data ini selanjutnya dianalisis dengan cara mengkorelasikan data geologi dengan nilai resistivitas jenis material pada Tabel 1. Keluaran dari analisis dan interpretasi ini adalah jenis litologi bawah permukaan. Interpretasi litologi dari setiap titik pengukuran geolistrik diasumsikan sama seperti gambaran *log* hasil pengeboran sumur, sehingga kemudian dapat dilakukan korelasi litologi seperti korelasi litologi dari hasil *log* sumur.

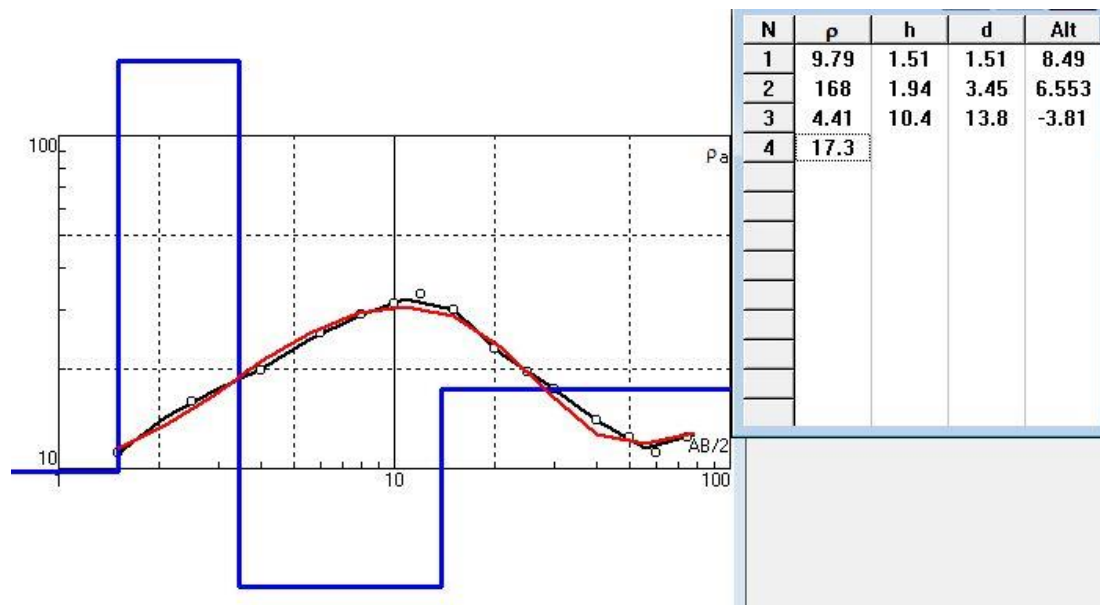
2.4. Penentuan Jenis Akuifer

Secara hidrodinamik, akuifer dapat dibagi menjadi 3, yaitu: (1) Akuifer bebas (*Unconfined aquifer*); Akuifer bebas umumnya terdiri dari material pasir dan kerikil. Akuifer bebas rentan terkontaminasi karena tidak memiliki lapisan pengeang (Brands et al., 2017). Pada akuifer bebas, muka airtanah (*water table*) merupakan batas atas dari zona jenuh air (Nasution, 2013). Muka airtanah memiliki tekanan hidrostatik yang sama dengan atmosfer. Batas akuifer bebas ditentukan dengan cara mengkorelasikan data litologi dan data MAT (muka airtanah) di sekitar titik *sampling*. (2) Akuifer tertekan (*Confined aquifer*); Akuifer tertekan merupakan lapisan yang dibatasi oleh lapisan akuiklud di bagian atas dan bawahnya. Dengan kata lain akuifer tertekan terdapat di antara dua lapisan yang *impermeable*, terdiri dari material lempung (Brands et al., 2017). (3) Akuifer semi tertekan (*Leakage aquifer* atau *Semiconfined aquifer*); Akuifer semi tertekan yaitu suatu akuifer yang batas atas dan atau batas bawahnya adalah lapisan akuitard.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 menunjukkan tipe kurva pada TS 01. Tipe kurva pada TS 01 menunjukkan tipe KH yang memiliki 4 lapisan. Kurva tipe KH pada TS 01 menunjukkan nilai resistivitas $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$. Berdasarkan korelasi data tipe kurva, resistivitas, dan data geologi TS 01 terdiri dari litologi *top soil*, pasir lempungan, pasir, dan lempung. *Top soil* berada pada kedalaman 0 – 1,51 mdpt (meter dari permukaan tanah) dengan ketebalan 1,51 m. Pasir lempungan terdapat pada kedalaman 1,51-3,45 mdpt dengan ketebalan 1,94 m dan pasir terdapat pada kedalaman 3,45-13,8 mdpt dengan ketebalan 10,35 m. Lempung pada lapisan 4 memiliki kedalaman 13,8 mdpt - ∞ .

Lapisan 2 dan 3 pada TS 01 diinterpretasikan sebagai lapisan akuifer bebas. Berdasarkan hasil pengukuran sumur pada TS 01 menunjukkan MAT berada pada kedalaman 1,5 mdpt yang sekaligus menjadi batas atas lapisan akuifer. Total ketebalan lapisan 2 dan 3 sebesar 12,29 m adalah



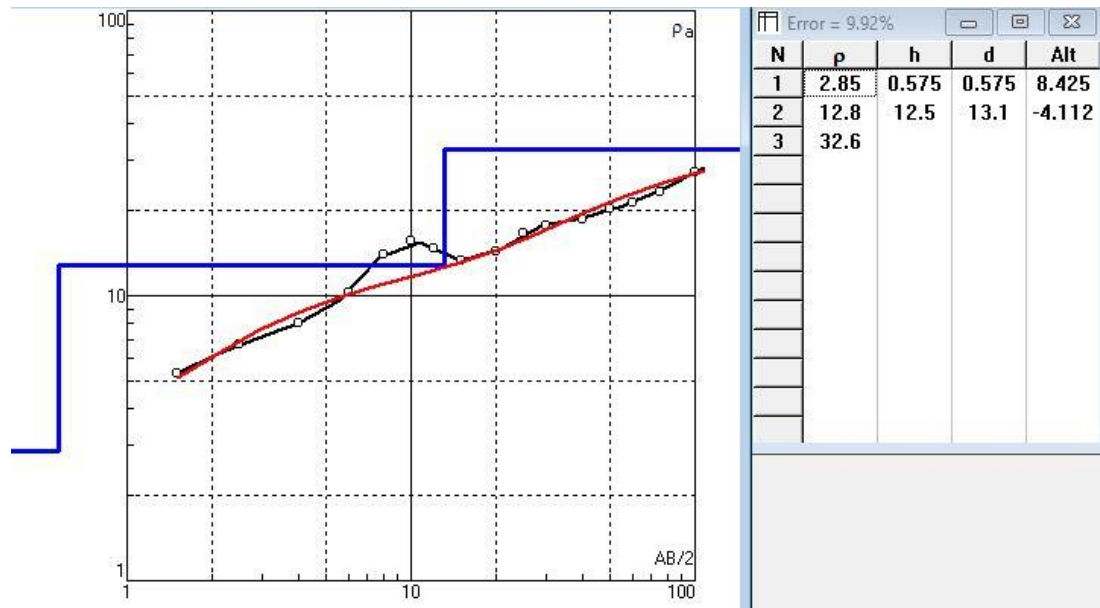
Gambar 4. Kurva dan tabel hasil inversi data geolistrik TS 01

ketebalan akuifer pada TS 01. Pengamatan visual air sumur di sekitar lokasi TS 01 memperlihatkan airtanah pada lapisan 2 cenderung lebih keruh dibandingkan airtanah pada lapisan 3 karena perbedaan kandungan lempung. Lapisan 2 memiliki kandungan lempung yang lebih tinggi dibandingkan lapisan 3 sehingga disimpulkan bahwa jenis litologi lapisan 2 adalah material pasir lempungan dan lapisan 3 adalah material pasir. Kurva hasil inversi TS 01 memperlihatkan perbedaan resistivitas yang signifikan antara lapisan 2 dan lapisan 3. Hal tersebut diduga terjadi karena terdapat perbedaan tingkat kandungan air pada dua lapisan yang homogen ini. Dugaan ini sesuai Telford et al., (1990) yang menyatakan bahwa material yang mengandung air cenderung memiliki resistivitas yang lebih rendah. Tingkat kandungan air yang berbeda pada lapisan akuifer ini terjadi selain karena perbedaan jenis material penyusun lapisan juga dapat terjadi karena tingkat fluktuasi penggunaan airtanah yang besar di sekitar lokasi TS 01. Besarnya fluktuasi penggunaan airtanah pada TS 01 didukung fakta bahwa di sekitar lokasi ini berdiri perguruan tinggi terbesar di Gorontalo sehingga banyak pemukiman yang disewakan sebagai asrama mahasiswa. Kawasan pemukiman ini menjadikan pasokan airtanah sebagai sumber pemenuhan kebutuhan air utama.

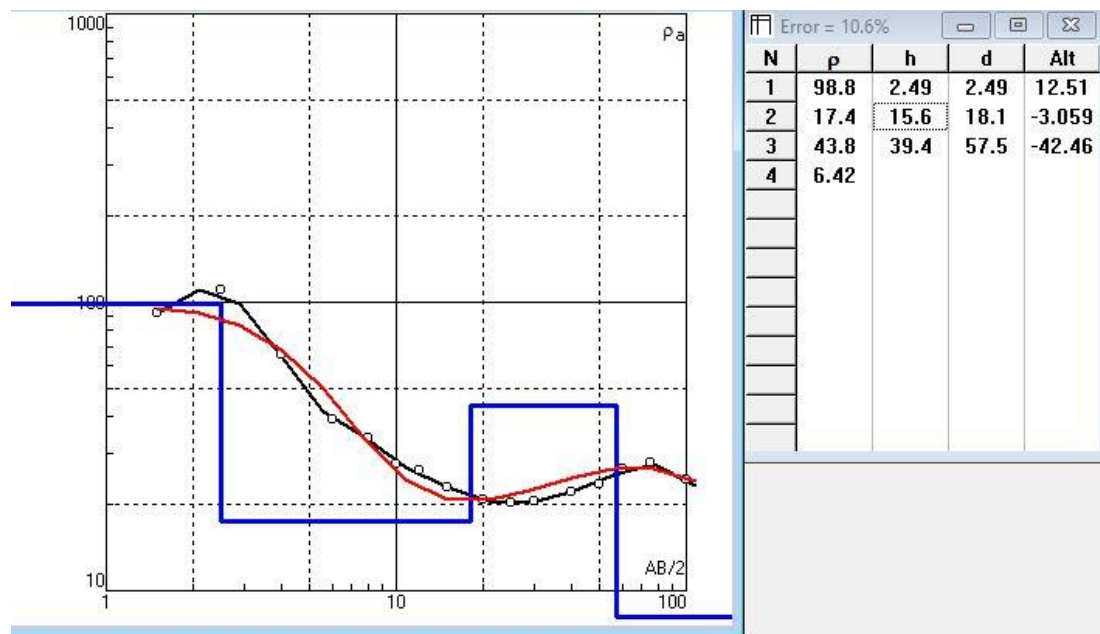
Gambar 5 menunjukkan tipe kurva pada TS 02. Tipe kurva pada TS 02 menunjukkan tipe A yang menggambarkan terdapat 3 lapisan dengan resistivitas $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$. TS 02 terdiri dari 3 lapisan dengan litologi berupa *top soil*, pasir, dan lempung. *Top soil* berada pada kedalaman 0–0,57 mdpt dengan ketebalan 0,57 m. Pasir pada lapisan 2 berada pada kedalaman 0,57–13,1 mdpt dengan ketebalan 12,53 m. Lempung pada lapisan 3 memiliki kedalaman 13,1 mdpt – ∞ . Hasil interpretasi pada TS 02 terdapat akuifer bebas yaitu lapisan 2 dengan ketebalan 12,53 m dan akuiklud yaitu lapisan 3 dengan ketebalan ∞ m. Batas atas dari akuifer bebas berupa muka airtanah yang memiliki kedalaman 0,57 mdpt dan batas bawahnya adalah akuiklud yang berupa material lempung.

Gambar 6 menunjukkan tipe kurva pada TS 03. Kurva TS 03 menunjukkan tipe HK yang memiliki 4 lapisan. Tipe HK pada TS 03 menunjukkan pola kurva yang memiliki resistivitas $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4$. TS 03 terdiri dari 4 lapisan dengan litologi *top soil*, pasir, dan lempung. *Top soil* berada pada kedalaman 0–2,49 mdpt dengan ketebalan 2,49 m. Lapisan pasir terdapat pada lapisan 2 dan 4. Lapisan pasir pada lapisan 2 berada pada kedalaman 2,49–18,1 mdpt dengan ketebalan 15,6 m dan pada lapisan 4 berada pada kedalaman 57,55– ∞ mdpt dengan ketebalan ∞ . Lempung pada lapisan 3 berada pada kedalaman 18,1–57,55 mdpt dengan ketebalan 39,4 m.

Hasil interpretasi TS 03 terdapat akuifer bebas dengan ketebalan 15,6 m yaitu lapisan 2 dan akuifer tertekan dengan ketebalan ∞ yaitu lapisan 4; akuiklud dengan ketebalan 39,4 m yakni lapisan 3. Batas atas dari akuifer bebas terdapat pada kedalaman 1,76 mdpt yang merupakan nilai MAT pada TS 03 sedangkan batas bawah akuifer bebas berupa akuiklud yang bermaterial lempung pada kedalaman 18,1 mdpt.



Gambar 5. Kurva dan tabel hasil inversi data geolistrik TS 02



Gambar 6. Kurva dan tabel hasil inversi data geolistrik TS 03

Litologi bawah permukaan pada daerah penelitian merupakan endapan sedimen. Berdasarkan geologi regional oleh Bachri et al., (1994), daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Aluvium (Qal). Endapan aluvium maupun koluvium muda akan menghasilkan tanah aluvial. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Jusuf, 2015), Kota Gorontalo memiliki litologi bawah permukaan berupa pasir, pasir lempungan, kerikil pasir, dan lempung. Endapan aluvial pada daerah penelitian berupa lempung, pasir lempungan, dan pasir. Sifat tanah yang terbentuk akan dipengaruhi oleh bahan induk yang diendapkan dan penyebarannya tidak dipengaruhi oleh iklim maupun elevasi (Asiki et al., 2019). Litologi pada daerah penelitian dipengaruhi oleh faktor geomorfologi yang merupakan bentuk lahan dataran, sehingga daerah penelitian terisi endapan-endapan sedimen dari daerah hulu. Hasil analisis dan interpretasi jenis litologi di lokasi penelitian berdasarkan data geolistrik seperti yang pada Tabel 2.

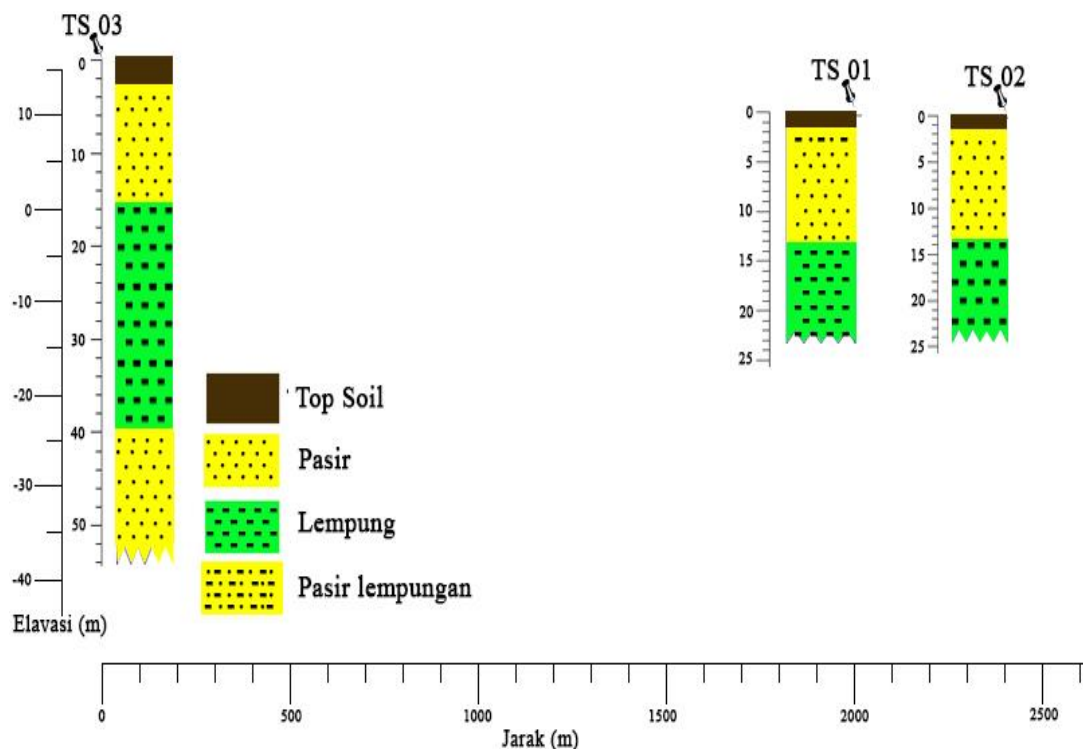
Secara hidrodinamik, daerah penelitian memiliki dua jenis akuifer yaitu akuifer bebas dan akuifer tertekan. Akuifer bebas memiliki letak akuifer dengan batas atas zona jenuh air berupa muka airtanah (*water table*). Akuifer tertekan memiliki batas atas berupa lapisan akuiklud. Jenis

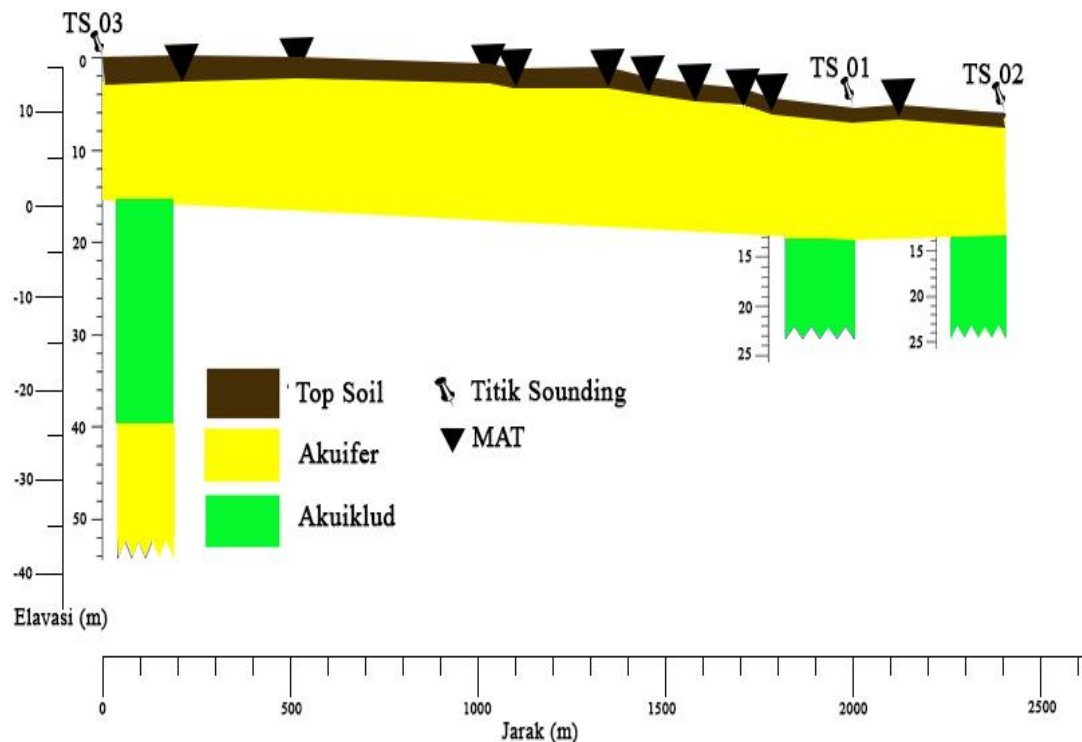
Tabel 2. Interpretasi litologi bawah permukaan daerah penelitian dari data geolistrik

Lapisan	Resistivitas (Ωm)	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Litologi / Jenis akuifer
TS 01				
1	9,79	0 – 1,51	1,51	<i>Top Soil</i>
2	168	1,51 – 3,45	1,94	Pasir lempungan / Akuifer bebas
3	4,41	3,45 – 13,8	10,35	Pasir / Akuifer bebas
4	17,3	13,8 – ∞	∞	Lempung / Akuiklud
TS 02				
1	2,85	0 – 0,57	0,57	<i>Top Soil</i>
2	12,8	0,57 – 13,1	12,53	Pasir / Akuifer bebas
3	32,6	13,8 – ∞	∞	Lempung / Akuiklud
TS 03				
1	96,8	0 – 2,49	2,49	<i>Top Soil</i>
2	17,4	2,49 – 18,1	15,61	Pasir / Akuifer bebas
3	43,8	18,1 – 57,5	39,4	Lempung / Akuiklud
4	6,42	57,49 – ∞	∞	Pasir / Akuifer tertekan

Sumber : Pengolahan data penelitian (2021)

material pada akuifer yang ada di daerah penelitian berupa material pasir. Nilai ketebalan rata-rata pada akuifer bebas yaitu 13,48 m dan akuifer tertekan ∞ . Akuifer tertekan memiliki ketebalan ∞ karena batas bawah akuifer tidak diketahui disebabkan keterbatasan data yang bisa diperoleh dari metode yang digunakan dalam penelitian. Lapisan lempung bertindak sebagai batas akuifer. Gambar 7 merupakan penampang vertikal litologi bawah permukaan dari masing-masing titik pengukuran geolistrik. Lapisan berwarna kuning merupakan lapisan akuifer dan lapisan berwarna hijau adalah akuiklud. Akuiklud memiliki litologi lempung yang bersifat kedap air, sedangkan akuifer memiliki litologi pasir yang dapat menyimpan serta mengalirkan air dengan baik karena memiliki permeabilitas dan porositas yang tinggi. Korelasi stratigrafi bawah permukaan untuk melihat kesinambungan antara lapisan yang terdapat pada TS 01, TS 02, dan TS 03 (Gambar 8). Namun, pada TS 03 lapisan akuifer tertekan tidak menerus karena terbatasnya data bawah permukaan TS 02 dan TS 01.

**Gambar 7.** Penampang interpretasi litologi bawah permukaan



Gambar 8. Penampang korelasi jenis akuifer berdasarkan sifat

4. KESIMPULAN

Hasil analisis dan interpretasi geolistrik menunjukkan litologi bawah permukaan di lokasi penelitian terdiri atas 3 jenis litologi yaitu *top soil*, pasir, dan lempung. Hal ini sesuai dengan geologi regional daerah penelitian, endapan sedimen yang ada merupakan endapan aluvial. Satuan ini memiliki litologi berupa endapan aluvium yang terdiri dari lempung, pasir, pasir lempungan, dan kerikil pasiran. Jenis akuifer pada daerah penelitian terdiri dari akuiklud dan akuifer. Akuiklud memiliki litologi lempung yang bersifat kedap air, sedangkan akuifer memiliki litologi pasir yang dapat menyimpan serta mengalirkan air dengan baik karena memiliki permeabilitas dan porositas yang tinggi. Berdasarkan hidrodinamik, Kota Tengah memiliki dua jenis akuifer yaitu akuifer bebas dan akuifer tertekan. Akuifer bebas memiliki ketebalan rata-rata 13,48 m. Pengetahuan kondisi bawah permukaan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penggunaan airtanah secara berkelanjutan khususnya untuk wilayah di sekitar lokasi penelitian.

5. REFERENSI

- Anam, N. K., & Adji, T. N. (2018). Karakteristik Akuifer Bebas pada Sebagian Cekungan Air Tanah (CAT) Yogyakarta-Sleman di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(3), 1–10.
- Arifin, Y. I., & Kasim, M. (2012). Penentuan Zonasi Daerah Tingkat Kerawanan Banjir Di Kota Gorontalo Propinsi Gorontalo Untuk Mitigasi Bencana. *Jurnal Sainstek*, 6(06). <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/ST/article/view/1153>
- Asiki, M. I., Maryati, S., & Akase, N. (2019). Analisis Tingkat Kerentanan Longsor Daerah Muara Sungai Bone Kota Gorontalo. *Jambura Geoscience Review*, 1(2), 87–101. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v1i2.2474>
- Bachri, S., Sukido, & Ratman, N. (1994). Geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi (T. . Simandjuntak, S. Supriatna, & E. Rusmana (eds.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2020). Kecamatan Kota Tengah dalam angka. Badan Pusat Statistik Kota Gorontalo.
- Brands, E., Rajagopal, R., Eleswarapu, U. and Li, P. (2017). Groundwater. In *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology* (eds D.

- Richardson, N. Castree, M.F. Goodchild, A. Kobayashi, W. Liu and R.A. Marston). <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0677>
- Harjito, H. (2013). Metode Vertical Electrical Sounding (VES) untuk Menduga Potensi Sumberdaya Air. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(2), 127–140. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol5.iss2.art6>
- Hendra, G. (2009). Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika, no. 80. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI), 2009.
- Jusuf, A. S. (2015). Geologi dan Pemetaan Cekungan Airtanah Kota Gorontalo dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal Fakultas MIPA, UNG*.
- Koesuma, S., Sulastro, Lelono, S., & Saido, A. P. (2016). Pemetaan Potensi Airtanah dalam Menggunakan Metode Geolistrik di Kabupaten Ponorogo Sebagai Antisipasi Bencana Kekeringan. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS 2016: Upaya Pengurangan Risiko Bencana Terkait Perubahan Iklim*, 549–555.
- Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Hamid, I. D. (2018). Pendugaan Sebaran Airtanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger Di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Fisika FLUX*, 15(1), 6–12.
- Nasution, E. M. (2013). Penyelidikan Zona Akuifer dengan Survei Pendugaan Geolistrik Metode Schlumberger Studi Kasus Daerah Kecamatan Kaliwungu dan Sekitarnya, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. *Teknik Geologi Universitas Diponegoro*.
- Permana, A. P. (2019). Analisis Kedalaman dan Kualitas Airtanah di Kecamatan Hulonthalangi Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 15. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.15-22>
- Risanti, A. A., Cahyono, K. A., Putri, M. A., & Rahmawati, N. (2018). Hidrostratigrafi Akuifer dan Estimasi Potensi Airtanah Bebas Guna Mendukung Kebutuhan Air Domestik Desa Sembungan. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1), 108–114.
- Telford, W. M., Geldart, L. P. and Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*, Second Edition. Cambridge University Press : United State of America.
- Utiya, J., As'ari, & Tongkukut, S. H. (2015). Metode Geolistrik Restivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger dan Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Identifikasi Patahan Manado di Kecamatan Paaldua Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(2), 135–141.