



PENDUGAAN POTENSI AIR TANAH BESERTA KEDALAMANNYA DENGAN METODE RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI NGLANGGERAN KULON KABUPATEN GUNUNG KIDUL

Nurul Dzakiya^{1*}, Subhan Arif¹, Radhitya Adzan Hidayah², Dewa Gede Eka Setiawan³

¹Teknik Geologi, IST AKPRIND. Jl Kalisahak No 28, Kota Yogyakarta, 55221, Indonesia

²Pendidikan Fisika, UNG. Jl Jend Sudirman No 06, Kota Gorontalo, 96128, Indonesia

Email: dzakiya@akprind.ac.id

Received: 10 April 2022. Accepted: 22 April 2022. Published: 28 April 2022

ARTICLE INFO

Keywords:

Groundwater; geoelectric; resistivity; Nglanggeran Kulon; Gunung Kidul

How to cite:

Dzakiya, N., Arif, S., Hidayah, R.A., & Setiawan, D.G.E (2022). Profile of Students Analytical Thinking Skills in Learning Style for Completing Substance Pressure Problems. *Jambura Physics Journal*, 4(1), 39-48

DOI:

<https://doi.org/10.34312/jpj.v4i1.14016>

ABSTRACT

Research on the estimation of groundwater potential and its depth has been carried out in Nglanggeran Kulon, the Nglanggeran Ancient Volcano Tourism Village in Gunung Kidul. The large number of tourists who visit makes the need for groundwater in this location also increase but has not been matched by its availability. This area is also a district in that almost every dry season experiences a water crisis. This study aimed to find out the potential presence of groundwater and its depth. This is related to the efforts of residents who want to build new wells. The method used is the geoelectric resistivity method with the Schlumberger configuration. This method exploits the electrical properties of the rock beneath the surface. The physical parameter measured is the resistivity value to create a subsurface geological model in the form of a 1D model. The length of the stretch carried out is 125 m at two measurement points. This study indicates that the 1st point has two layers of rock and no groundwater potential is found. 2nd point has four layers of rock. Groundwater potential is found in the 2nd layer because it has a low resistivity value of 9.89 Ωm at depths ranging from 5-9 meters with a thickness of about 4 meters. So that the location of the 2nd point is more recommended for making new wells.

1. Pendahuluan

Nglanggeran Kulon Kecamatan Patuk Kabupaten Gunung Kidul merupakan wilayah yang terdapat potensi wisata unggulan nasional berupa Gunung Api Puba Nglanggeran. Keberadaan potensi wisata ini sangat membantu perekonomian warga

sekitarnya (Hermawan, 2016). Namun disisi lain, jumlah pengunjung wisata yang sangat banyak menjadikan kebutuhan air di lokasi tersebut juga meningkat. Nglanggeran Kulon termasuk Desa Wisata Gunung Api Puba Nglanggeran merupakan salah satu wisata unggulan nasional yang sudah mendunia. Banyaknya jumlah wisatawan yang berkunjung membuat kebutuhan air tanah di lokasi tersebut juga meningkat. Peningkatan kebutuhan air belum diimbangi dengan ketersediaannya sehingga menimbulkan dampak negatif karena air merupakan kebutuhan mutlak manusia sebagai makhluk hidup. Selain itu, Gunung Kidul juga merupakan kabupaten yang hampir setiap musim kemarau mengalami krisis air (Muhardi, Perdhana, & Nasharuddin, 2019; Rosida, 2014).

Air adalah salah satu kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Makhluk hidup yang ada di bumi tidak dapat hidup tanpa adanya air. Jumlah aktifitas yang meningkat akan meningkatkan juga kebutuhan akan air. Kasus yang ada pada daerah wisata adalah meningkatnya aktifitas karena kegiatan wisata pada daerah sekitar geosite Nglanggeran. Sumber air untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia dapat berasal dari mana saja. Air hujan, air permukaan (sungai, danau dan waduk), dan air tanah adalah sumber air yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Air permukaan cukup berlimpah dalam kuantitas sedangkan untuk kualitas masih lebih banyak ditemukan pada air tanah. Untuk mendapatkan air tanah membutuhkan pemahaman kondisi geologi bawah permukaan yang cukup baik. Keberadaan air tanah di bawah permukaan berada pada suatu formasi batuan yang jenuh air disebut sebagai akifer air tanah. Akifer air tanah pada setiap daerah memiliki kekhasannya masing-masing tergantung dari kondisi geologi pada daerah tersebut (Todd & Mays, 2004). Maka dari itu, penelitian ini berusaha mengetahui keterdapatan airtanah menggunakan metode geolistrik untuk kemudian mencoba mengidentifikasi karakteristik akifernya.

Secara umum, daerah penelitian berada pada Zona Pegunungan Selatan Yogyakarta yang telah banyak diteliti secara geologi sebelumnya. Susunan stratigrafi daerah pegunungan selatan tersebut dari tua ke muda dimulai dari umur Eosen adalah Formasi Wungkal Gamping, Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggeran, Formasi Sambipitu, Formasi Oyo, Formasi Wonosari, Formasi Kepek dan Endapan Permukaan. Lokasi penelitian berada disekitar Gunung Api Purba Nglanggeran yang merupakan bagian dari Formasi Nglanggeran dengan penyusun utamanya adalah batuan gunung api (Bronto, MulyaningSih, Hartono, & Astuti, 2008). Formasi Nglanggeran sendiri memiliki umur Miosen. Ketebalan Formasi ini sekitar 530 m dan tersusun selaras menjemari dengan Formasi Semilir yang lebih tua di bawahnya dan Formasi Sambipitu yang Lebih Muda. Formasi Nglanggeran ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Oyo dan Formasi Wonosari. Formasi Wonosari merupakan formasi batuan dengan litologi penyusun batugamping yang cukup luas dan memiliki umur Miosen (Mulyaningsih, 2019) Berikutnya terdapat Formasi Kepek yang terbentuk selaras menjemari dengan Formasi Wonosari dan Endapan permukaan yang menutupi di atasnya (Arif, Heriyad, Patra, & Budrianto, 2021). Sehingga penyelidikan potensi keberadaan dan kedalaman air tanah di Nglanggeran Kulon perlu dikaji karena wilayah ini membutuhkan sumber air baru untuk memenuhi kebutuhan air warga dan juga kebutuhan air wisatawan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang secara langsung diambil di lapangan berdasarkan pengujian sifat dan karakter fisika batuan. Berdasarkan data pengukuran tersebut akan disusun model atau kondisi geologi bawah permukaan yang berkaitan dengan akifer airtanah (Dzakiya, Sastrawan, Laksmana, & SA, 2019). Pengumpulan data penelitian ini menggunakan metode geolistrik.

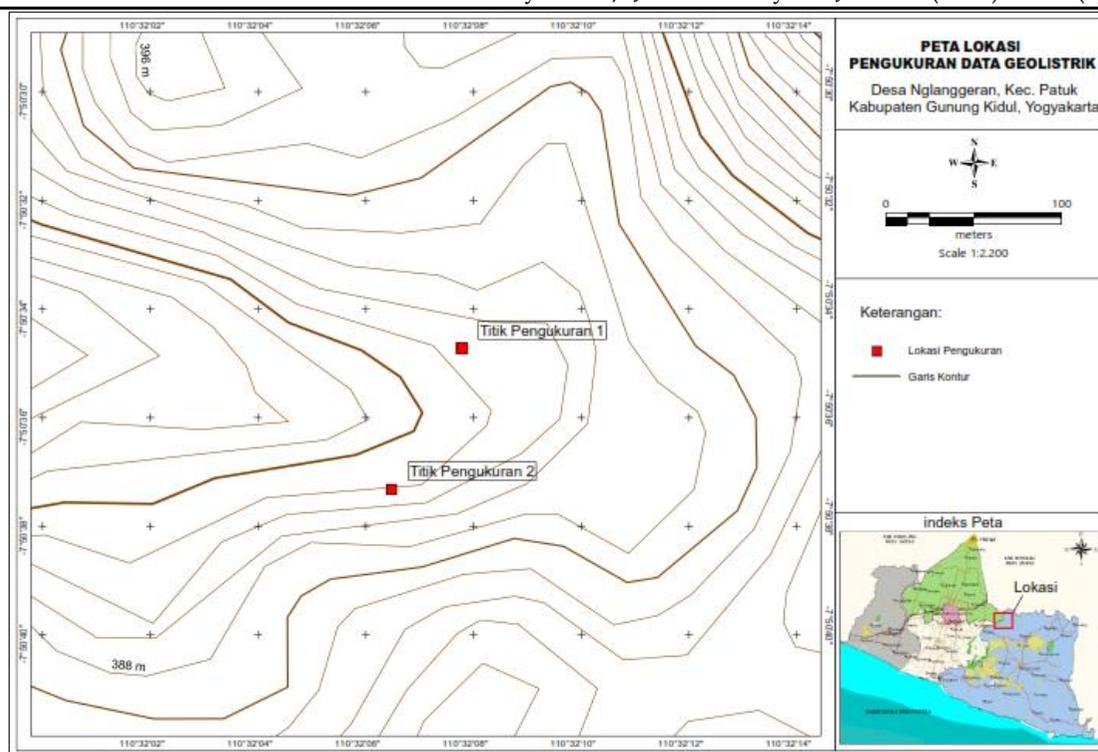
Survey ini memanfaatkan sifat-sifat resistifitas batuan maupun fluida yang ada di bawah permukaan sebagai data yang memberikan informasi keterdapatan fluida berupa air tanah (Muhardi *et al.*, 2019; Rosida, 2014). Pada kegiatan ini, metode survey geolistrik yang digunakan adalah metode geolistrik konfigurasi Schlumberger metode ini merupakan yang paling efektif dan praktis dalam menyelesaikan berbagai masalah pada survey air tanah. Contohnya adalah untuk mengidentifikasi ketebalan lapisan akifer, kedalaman dan batas lapisan air tanah. Secara umum metode geolistrik bekerja dengan membaca sifat kelistrikan batuan dan fluida yang ada di bawah permukaan. Arus listrik dialirkan ke bawah permukaan bumi melalui dua buah elektroda. Satu elektroda berfungsi sebagai elektroda arus dan satu elektroda berfungsi sebagai elektroda potensial (Dzakiya, Zakaria, Setiawan, & Laksmana, 2021). Titik pengukuran dilakukan di 2 lokasi seperti yang terlihat pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan pemodelan.



Gambar 1. Lokasi pengukuran di Titik 1



Gambar 2. Lokasi pengukuran di Titik 2



Gambar 3. Peta titik pengukuran metode resistivitas di lapangan

3. Hasil dan Diskusi

Desa Nglanggeran Kulon yang merupakan lokasi utama wisata Gunung Api Purba Nglanggeran yang menjadi tujuan wisata nasional hingga internasional. Desa ini membutuhkan sumber air baru untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sekitar dan kebutuhan pariwisata. Pengukuran geolistrik dilakukan untuk mencari potensi keberadaan sumber air baru yang akan dilakukan proses pemboran sumur. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengukuran survei metode geolistrik resistivitas di dua lokasi yang telah ditentukan.

Kondisi Geologi

Morfologi.

Desa Nglanggeran Kulon merupakan desa dengan morfologi yang beragam, mulai dari pegunungan sampai dataran. Ketinggiannya berkisar antara 200-700 mdpl serta berada di sebelah timur kompleks Gunung Api Purba Nglanggeran. Lokasi survey berada pada morfologi dataran yang dimanfaatkan masyarakat sebagai persawahan dan pemukiman.

Litologi.

Secara umum lokasi penelitian berada pada Formasi Nglanggeran dengan litologi penyusun berupa breksi gunungapi, aglomerat, beberapa ditemukan adanya sisipan tuf dan lava andesit. Lokasi pengukuran berada pada area yang tertutup oleh endapan lepas. Saat ini berupa tanah lapukan dan hasil transportasi yang dimanfaatkan sebagai kebun dan sawah.

Kondisi Air Tanah

Selain dari aspek geologi, kesulitan air di lokasi penelitian disebabkan hilangnya sekitar 50% sumbermata air saat gempa bumi di Yogyakarta bermagnitudo 5,9 SR pada 2006. Pengukuran menggunakan alat Naniura dengan menggunakan panjang bentangan 125 m karena menyesuaikan topografi dan lebar daerah pengukuran. Pengukuran dilakukan di lokasi persawahan yang terdapat mata air Betik. Mata air ini mengalir di arah Timur hingga ke arah Barat sehingga menjadi sumber mata air utama yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi dan rumahtangga. Sumber mata air yang ada sudah dibangun sumur bor dengan kedalaman sekitar 12-30 meter tergantung lokasinya. Selain itu, sudah dipasang puluhan mesin pompa air untuk menyalurkan air ke bak-bak penampungan warga. Sumur bor tersebut berada di persawahan Namun usaha tersebut belum mampu mencukupi kebutuhan air ribuan warga di desa tersebut sehingga saat kemarau warga harus membeli air bersih. Lokasi penelitian juga hampir tidak dijumpainya adanya sungai di permukaan.

Titik pengukuran 1

Berikut data geolistrik hasil pengolahan data pengukuran di lapangan. Berdasarkan hasil interpretasi model bawah permukaan pada lokasi pengukuran Titik 1 pada Tabel 1 dan Gambar 4. Penafsiran nilai-nilai tahanan jenisnya adalah sebagai berikut;

- a. Lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 27,1 ohm.m yang diidentifikasi sebagai soil (tanah sawah yang sama dengan di permukaan) dengan ketebalan kurang dari 5 m.
- b. Lapisan ke-dua memiliki nilai tahanan jenis 31,45 ohm.m yang diidentifikasi sebagai lapisan hasil lapukan batuan berukuran lempung setebal 20 m. Lapisan dengan ukuran butir lempung masih memiliki kemungkinan menahan fluida atau air di dalam porinya, namun karena kemampuan lapisan ini untuk melalukan fluida sangat buruk maka lapisan ini sangat kecil kemungkinannya untuk menyimpan fluida dalam jumlah yang besar.
- c. Lapisan ke-tiga memiliki nilai resistivitas lebih tinggi yakni 321.82 ohm.m yang diidentifikasi merupakan bolder aglomerat. Aglomerat merupakan batuan vulkanik dengan sortasi yang sangat buruk. Hal ini akan sangat berpengaruh pada kemampuan batuan tersebut untuk mengalirkan air. Batuan dengan sortasi buruk memiliki kemampuan mengalirkan air yang sangat buruk atau *impermeable* air. Lapisan ini diidentifikasi mulai kedalaman 25-30 meter lebih. Pada kedalaman ini, batuan akan menerima tekanan yang cukup besar dari atasnya. Hal ini juga akan memperburuk kemampuan batuan tersebut dalam mengalirkan air melalui porinya akibat proses kompaksi lanjut. Singkapan batuan ini juga ditemukan di permukaan.

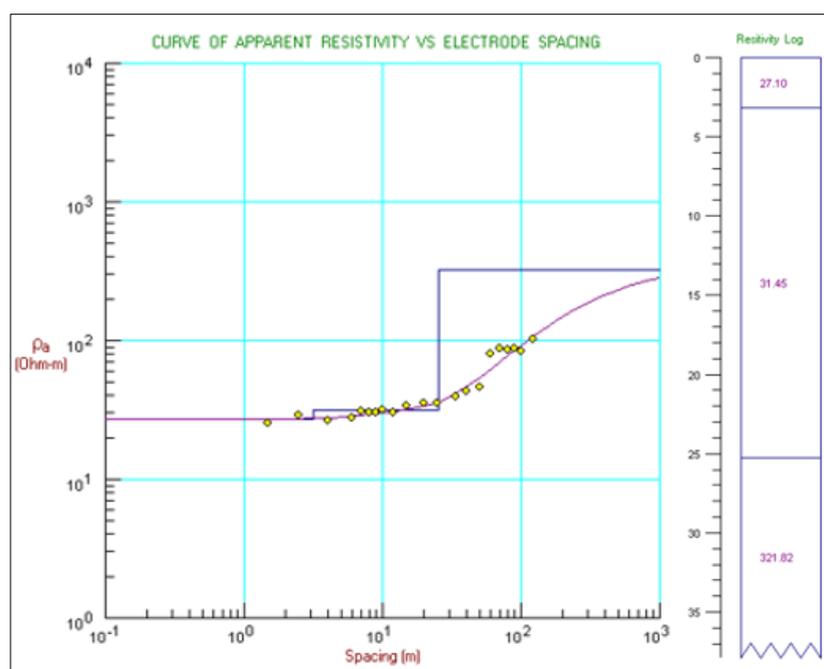
Kesimpulannya, lokasi pengukuran titik 1 tidak ditemukan adanya lapisan akuifer, sehingga pada lokasi pengukuran pada Titik 1 tidak memiliki potensi keberadaan air tanah.

Titik pengukuran 2

Berdasarkan hasil interpretasi model bawah permukaan/bawah tanah pada lokasi pengukuran Titik 2 pada Tabel 2 dan Gambar 5, yang berada di ladang bawah Pawon Purba menampilkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil pengukuran di Titik 1

No	AB/2(m)	MN/2 (m)	V (mV)	I (mA)	R (ohm)	K	Rho (ohm.m)
1	1,5	0,5	354,3	87	4,07	6,28	25,59
2	2,5	0,5	90	59	1,53	18,85	28,75
3	4	0,5	19,2	36	0,53	49,48	26,39
4	6	0,5	14,7	59	0,25	112,31	27,98
5	6	1,5	40,8	66	0,62	35,34	21,85
6	7	1,5	28,3	58	0,49	48,96	23,89
7	8	1,5	29,8	82	0,36	64,66	23,50
8	9	1,5	15,3	53	0,29	82,47	23,81
9	10	1,5	14,7	61	0,24	102,36	24,67
10	12	1,5	11,4	72	0,16	148,44	23,50
11	15	1,5	7,8	69	0,11	233,26	26,37
12	15	5	27,4	70	0,39	62,83	24,59
13	20	5	15	69	0,22	117,81	25,61
14	25	5	10	73	0,14	188,50	25,82
15	34	5	6	75	0,08	355,31	28,43
16	40	5	3,9	62	0,06	494,80	31,12
17	50	5	2,7	62	0,04	777,54	33,86
18	60	5	4	77	0,05	1123,12	58,34
19	60	15	7,8	79	0,10	353,43	34,90
20	70	15	5,7	73	0,08	489,56	38,23
21	80	15	3,3	57	0,06	646,64	37,44
22	90	15	3,2	69	0,05	824,67	38,25
23	100	15	2,5	70	0,04	1023,64	36,56
24	122	15	2	69	0,03	1535,09	44,50

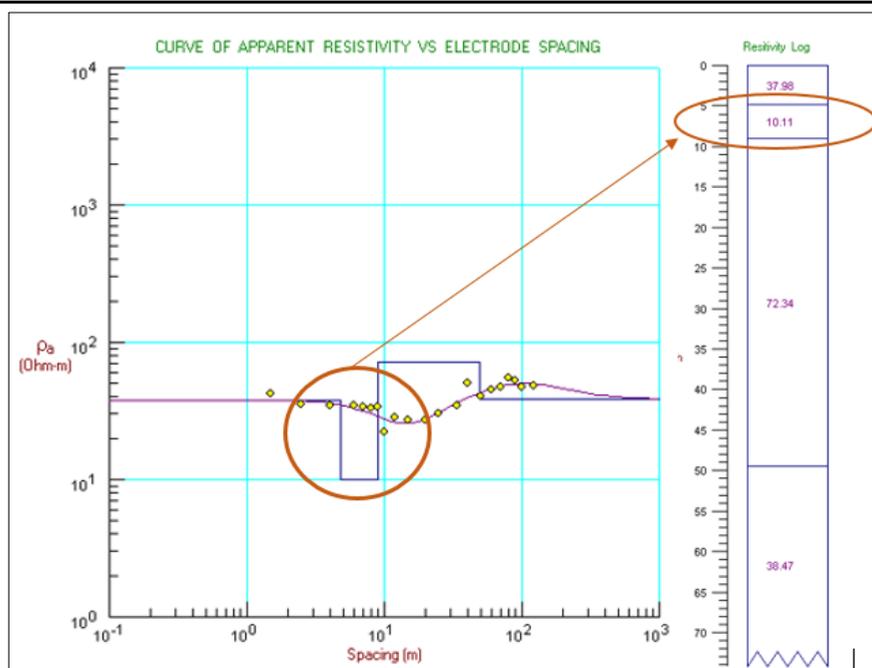
**Gambar 4.** Hasil pemodelan di Titik 1

Lapisan pertama memiliki nilai resistivitas 38,09 ohm.m yang diidentifikasi sebagai soil (tanah sawah yang sama dengan di permukaan) dengan ketebalan sekitar 5 m.

Lapisan ke dua memiliki nilai resistivitas rendah yakni 9,89 ohm.m di kedalaman mulai 5-9 m dengan ketebalan sekitar 4 m (ditunjukkan dengan lingkaran *orange*). Pada lapisan ini diidentifikasi sebagai batupasir vulkanik yang berperan sebagai akuifer bebas yang terdapat kandungan air serta dimungkinkan masih memiliki hubungan dengan sumber mata air yang ditemukan di permukaan. Ukuran butir pasir merupakan ukuran butir paling ideal sebagai akuifer air tanah. Hal ini dikarenakan ukuran butir ini memiliki sortasi yang relatif baik. Sortasi yang baik dimungkinkan memiliki pori yang baik pula. Banyaknya jumlah pori yang terdapat pada suatu lapisan akan memberikan keuntungan pada lapisan tersebut berupa kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan fluida. Terlebih lagi lapisan ini masih berada pada kedalaman yang sangat dangkal sehingga tekanan *overburden* dari atasnya tidak akan berpengaruh signifikan pada volume pori lapisan tersebut.

Tabel 2. Data hasil pengukuran di Titik 2

No	AB/2(m)	MN/2 (m)	V (mV)	I (mA)	R (ohm)	K	Rho (ohm.m)
1	1,5	0,50	375,50	56	6,71	6,28	42,13
2	2,5	0,50	113,70	61	1,86	18,85	35,13
3	4	0,50	34,60	50	0,69	49,48	34,24
4	6	0,50	19,90	65	0,31	112,31	34,38
5	6	1,50	49,58	63	0,79	35,34	27,81
6	7	1,50	39,40	70	0,56	48,96	27,56
7	8	1,50	29,00	69	0,42	64,66	27,18
8	9	1,50	23,80	70	0,34	82,47	28,04
9	10	1,50	12,20	67	0,18	102,36	18,64
10	12	1,50	7,80	49	0,16	148,44	23,63
11	15	1,50	5,50	57	0,10	233,26	22,51
12	15	5,00	19,00	57	0,33	62,83	20,94
13	20	5,00	11,50	61	0,19	117,81	22,21
14	25	5,00	8,50	63	0,13	188,50	25,43
15	34	5,00	5,50	67	0,08	355,31	29,17
16	40	5,00	3,90	45	0,09	494,80	42,88
17	50	5,00	1,70	38	0,04	777,54	34,78
18	60	5,00	1,90	55	0,03	1123,12	38,80
19	60	15,00	5,20	56	0,09	353,43	32,82
20	70	15,00	3,90	55	0,07	489,56	34,71
21	80	15,00	3,80	60	0,06	646,64	40,95
22	90	15,00	3,10	64	0,05	824,67	39,94
23	100	15,00	1,80	51	0,04	1023,64	36,13
24	122	15,00	1,70	70	0,02	1535,09	37,28



Gambar 5. Hasil pemodelan di Titik 2

Lapisan ke-3 diperkirakan berada di kedalaman mulai 10 m yang memiliki resistivitas yakni 72,74 ohm.m dan diidentifikasi sebagai batuan breksi vulkanik dari Formasi Nglanggeran yang berperan menjadi aquitard yang bersifat impermeable/tidak mampu melewati air dengan ketebalan 50 m. Hal ini dikarenakan sortasi dari breksi vulkanik yang buruk. Nilai sortasi yang buruk akan berdampak pada nilai porositas batuan yang buruk pula. Akibatnya adalah batuan ini tidak memiliki kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah.

Lapisan ke-4 diidentifikasi lapisan berukuran lempung dengan nilai resistivitas 38,47 yang berada di kedalaman 50 m lebih. Lapisan dengan ukuran butir lempung memang memiliki pori yang cukup baik dan memungkinkan adanya sedikit fluida didalamnya. Permasalahannya adalah lapisan ini merupakan lapisan dengan nilai tekanan kapiler yang cukup besar sehingga sulit untuk mengalirkan fluida tersebut. Lapisan dengan karakter seperti ini tidak memenuhi kriteria sebagai akuifer air tanah. Nilai tahanan jenis yang rendah kemungkinan besar terjadi karena lapisan ini belum mengalami diagenesis yang sempurna untuk menjadi batuan atau dapat dikatakan masih pada kondisi semi soft.

Kesimpulannya, pada lokasi pengukuran pada titik 2 ditemukan potensi air tanah pada kedalaman 5 sampai 10 m. berdasarkan susunan lapisan batuan pada lokasi pengukuran titik 2, jenis akuifer yang ditemukan berupa akuifer bebas. Hal ini didasarkan pada tidak adanya batuan atau lapisan penutup di atasnya selain lapisan tanah permukaan. Akuifer pada titik ini ditemukan dengan litologi berupa batupasir vulkanik yang merupakan anggota satuan batuan penyusun Formasi Nglanggeran.

Akuifer bebas juga dapat terbentuk sebagai produk batuan dasar lapuk yang terdiri dari breksi vulkanik Nglanggeran dan batupasir vulkanik Formasi Semilir. Akuifer bebas terbentuk dari butiran hubungan batuan dasar lapuk yang menjadi sangat berpori (Prasetyadi *et al.*, 2018). Sehingga dari kedua titik yang dilakukan, Titik ke-2 lah yang berpotensi mengandung airtanah dan lebih tepat dilakukan pembuatan sumur di lokasi ini dibandingkan di Titik 1. Pada penelitian ini tidak dicari

kemenerusan atau hubungan Titik 1 dan Titik 2 hanya dicari keberadaan potensi airtanah di kedua titik tersebut untuk kebutuhan pembuatan sumur bor baru bagi warga.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil interpretasi model bawah permukaan/bawah tanah pada lokasi pengukuran titik 1 terdapat dua lapisan batuan dan tidak ditemukan potensi air tanah. Sedangkan pada lokasi pengukuran lokasi pengukuran pada titik 2 terdapat 4 lapisan batuan dan ditemukan potensi air tanah di Lapisan ke 2 memiliki nilai resistivitas rendah yakni 9,89 ohm.m di kedalaman mulai 5-9 m dengan ketebalan sekitar 4 m. Pada lapisan ini diidentifikasi sebagai batupasir vulkanik yang berperan sebagai akuifer bebas yang terdapat kandungan air serta dimungkinkan masih memiliki hubungan dengan sumber mata air yang ditemukan di permukaan. Sehingga pada lokasi pengukuran pada titik 2 ditemukan potensi air tanah. Jenis akuifer yang ditemukan di daerah penelitian, yaitu akuifer bebas dengan litologi batupasir vulkanik dari Formasi Nglanggeran.

Ucapan Terimakasih

Kami ucapkan terimakasih kepada Kelompok SPAMDes Tirta Asep Nirmala, Bapak Sugeng Handoko, S.T; perwakilan kelompok Padukuhan Nglanggeran Kulon; Haris dan Rina dari ITNY; R. Belardo Laksana, S.T. dan mahasiswa Teknik Geologi IST AKPRIND yang membantu kegiatan pengukuran di lapangan.

Referensi

- Arif, S., Heriyad, N. W. A. A. T., Patra, M. R. D., & Budrianto, N. (2021). Analisis Korelasi Antara Porositas Dan Fasies Batuan Karbonat (Studi Kasus Di Formasi Wonosari Dan Kubah Bayah). *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 36-40.
- Bronto, S., MulyaningSih, S., Hartono, G., & Astuti, B. (2008). Gunung Api purba Watuadeg: Sumber erupsi dan posisi stratigrafi. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(3), 117-128.
- Dzakiya, N., Sastrawan, F., Laksana, R., & SA, M. A. A. (2019). *Identification of lithology properties of groundwater by using resistivity method in Girimulyo, Kulon Progo, Yogyakarta*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Dzakiya, N., Zakaria, M. F., Setiawan, D. G. E., & Laksana, R. B. (2021). Study of Groundwater Types Using the Vertical Electrical Sounding (VES) Method in the 'Martani Field' Ngemplak District of Yogyakarta. *Journal Of Applied Geospatial Information*, 5(1), 457-461.
- Hermawan, H. (2016). Dampak pengembangan Desa Wisata Nglanggeran terhadap ekonomi masyarakat lokal. *Jurnal Pariwisata*, 3(2), 105-117.
- Muhardi, M., Perdhana, R., & Nasharuddin, N. (2019). Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus: Desa Clapar Kabupaten Banjarnegara). *Prisma Fisika*, 7(3), 331-336.

- Mulyaningsih, S. (2019). Identifikasi Jelajah Wisata Geologi Gunung Api Purba Gunung Ireng: Sisi Lain Gunung Api Purba Nglanggeran, Gunungkidul. *Jurnal Pariwisata Terapan*, 3(18), 136-153.
- Prasetyadi, C., Prastistho, B., Rodhi, A., Pratiknyo, P., Rachman, M., Rizkianto, Y., Nugraha, A. (2018). *Conservation of groundwater in Nglanggeran Area, Gunung Kidul District, Yogyakarta*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Rosida, I. (2014). Partisipasi Pemuda Dalam Pengembangan Kawasan Ekowisata Dan Implikasinya Terhadap Ketahanan Masyarakat Desa (Studi di Kawasan Ekowisata Gunung Api Purba Nglanggeran, Desa Nglanggeran, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul, DIY. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 20(2), 47-46.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2004). *Groundwater hydrology*: John Wiley & Sons.