

Penentuan Batuan Alas dan Penyekat berdasarkan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole pada Telaga Gesing, Pucanganom, Kabupaten Gunung Kidul

Al Hussein Flowers Rizqi, Fatimah

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : alhussein@sttnas.ac.id

ABSTRAK

Keberadaan telaga di Karst Gunung Sewu cukup banyak dan beragam. Bentuk dan dimensi dolina salah satunya dapat dipengaruhi oleh batuan di sekitarnya. Penelitian ini akan fokus untuk mengidentifikasi batuan alas dan batuan penyekat di Telaga Gesing, Pucanganom, Gunung Kidul berdasarkan data permukaan (geologi) dan data bawah permukaan (geolistrik) dengan menggunakan konfigurasi dipole-dipole. Survei geologi permukaan dilakukan dengan observasi detail singkapan di lapangan. Kajian geologi bawah permukaan dilakukan untuk mendelineasi lapisan batuan alas dan batuan penyekat berdasarkan hasil penampang 2 D dari hasil prosesing menggunakan *software Res 2 dinv*. Hasil kajian lapangan berupa ditemukannya lapisan tuf di dasar Telaga Gesing yang memiliki arah perlapisan N 30° E / 8°. Hasil analisis petrografi menunjukkan kandungan gelas sebesar 73% sehingga bernama *Vitric tuff*. Analisis umur mendapatkan kisaran umur N 5 (Miosen Awal) yang secara stratigrafi regional dapat dikorelasikan dengan Formasi Semilir. Adanya tuf pada dasar telaga ini dapat diinterpretasikan sebagai batuan alas dan batuan penyekat dasar telaga.

Kata kunci: Batuan penyekat, Tuf, Telaga Gesing, Gunung Kidul

ABSTRACT

The presence of dolines at Gunung Sewu Karst are relatively has many variations. The shape and dimation of dolines could be affected by the surrounding rocks. This research is focused on identify of seal rock at Gesing doline, Pucanganom, Gunung Kidul based on geological surface and geological subsurface using geoelectrical with dipole-dipole configuration. The geological surface conducted in detail observation of outcrop in geological field. The subsurface geological data conducted to delineated the seal rock layer based on result of processing from Res 2 dinv software. The result of geological data such as the presence of tuffaceous layer at base of doline that has a direction layer at N 30° E / 8°. The result of petrographical analysis showed that the rock contained the glass composition about 73% that rock named by Vitric Tuff. The result of paleontological analysis showed the rock age at N 5 (Early Miocene) that could be correlated to regional stratigraphy with Semilir Formation. The presence of tuffaceous at base of doline could be interpreted as seal rock of Gesing doline.

Keyword: Seal rock, tuff, Gesing Doline, Gunung Kidul

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Gunung Kidul merupakan salah satu dari dua kabupaten di Daerah Istimewa Yogyakarta yang termasuk dalam status siaga darurat kekeringan [1]. Daerah ini sebagian besar memiliki kondisi tanah yang tandus. Kabupaten ini dikelilingi perbukitan karst dan memiliki curah hujan rata-rata 115 hari per tahun, atau kurang dari separuhnya [2]. Keberadaan air tanah di Gunung Kidul selalu menjadi masalah utama setiap tahunnya. Di tahun ini, adanya telaga yang selama ini menjadi ketersediaan sumber air untuk keperluan minum, mandi, serta untuk ternak mengering [3]. Ketersediaan air tanah di daerah Gunung Kidul tidak terlepas dari kondisi geologi maupun kondisi bawah permukaan.

Secara geologi, menurut [4] sebagian besar wilayah Kabupaten Gunung Kidul bagian Selatan merupakan penyebaran Formasi Wonosari yang disusun oleh batugamping, batugamping napal – tufaan, batupasir tufaan dan batulanau. Permukaan tanah kawasan ini merupakan daerah kering yang mengalami kesulitan sumber air baku, meskipun sebenarnya di daerah ini terdapat cukup banyak sumber air berupa sungai bawah permukaan [5]. Kondisi akuifer airtanah yang terdapat di Kabupaten Gunung Kidul dikontrol oleh sistem geologi maupun hidrogeologi [6]. Kedalaman minimum akuifer airtanah di Gunung Kidul berada di kedalaman 150 m dan kedalaman maksimumnya berada pada kedalaman 175 m dengan ketebalan maksimum akuifer 40 – 50 m [7].

Keberadaan air bawah permukaan di Karst Gunung Sewu pernah dikaji oleh [8]. Litologi dan struktur geologi merupakan faktor yang mempengaruhi adanya sungai bawah permukaan. Litologi yang menyusun didominasi oleh batugamping kristalin [9]. Adanya aliran rembesan merupakan salah satu komponen dari pengisi sungai bawah tanah yang mengalir lewat rekahan – rekahan pada batugamping yang berdimensi ukuran $10^{-3} - 10$ mm [10]. Aliran rembesan ini dihasilkan dari air infiltrasi yang tersimpan pada bentukan eksokarst seperti bukit kars [11].

Selain keberadaan air sungai bawah permukaan, keberadaan telaga di Kars Gunung Sewu juga perlu perhatian khusus. Pemahaman masyarakat mengenai sistem, keberadaan dan faktor pencemaran air tanah masih tergolong rendah [12]. [13] menyebutkan bahwa sebelum era 1990-an, hampir 90 % kebutuhan air di kawasan Kars Gunung Sewu dipenuhi oleh adanya air dari telaga kars. Namun belakangan ini, masuknya jaringan pipa PDAM menyebabkan pemukiman di kawasan kars menjadi tidak bergantung lagi dengan air yang ada di telaga [14]. Langkanya air telaga juga menjadi faktor pertimbangan penduduk untuk bergantung ke telaga dalam pemenuhan kebutuhan air sehari-hari [15]. Langkanya air permukaan berupa dolina / telaga serta mataair menjadi vital perannya [16]. Langkanya air telaga bisa dipengaruhi oleh adanya pengerukan bagian bawah telaga ke sistem sungai bawah tanah [17].

Adapun kajian mengenai stratigrafi di Zona Pegunungan Selatan tidak terlepas dari beberapa peneliti terdahulu. [18] menjelaskan bahwa Sub Zona Karst Gunung Sewu didominasi oleh batuan karbonat Formasi Wonosari. [19] lebih detail meneliti tentang fasies batuan karbonat Wonosari berupa *Reef Core Massive* dan *Back Reef Lagoon Outer – Inner* di Desa Ponjong. Di beberapa tempat di Desa Sawahan, Ponjong batugamping Wonosari terjadi proses pengkayaan material terigenus dan pengaruh diagenesa batuan [20] Diagenesa batugamping Wonosari diinterpretasikan terjadi pada lingkungan *Meteoric Vadose*, *Meteoric Phreatic*, dan *Mixing Zone* [21].

Memiliki hubungan selaras dengan Formasi Mandalika diendapkan Formasi Semilir [22]. Umur Formasi Semilir pada beberapa penelitian menunjukkan umur yang berbeda. Hasil dari analisis foraminifera kecil menunjukkan Formasi Semilir memiliki umur Miosen Awal – awal Miosen Tengah [23] dan Oligosen Akhir – Miosen Awal [24]. Hasil analisis umur dengan metode U-Pb menunjukkan umur 20 juta tahun lalu atau sekitar Miosen Awal [25]. Formasi Semilir terbentuk pada lingkungan pengendapan darat hingga laut. Kandungan tuf dan batuapung dalam jumlah sangat besar menunjukkan Formasi Semilir dihasilkan oleh letusan gunungapi yang sangat besar dan merusak, biasanya berasosiasi dengan pembentukan kaldera letusan.

Mengacu pada penjelasan singkat dan ulasan mengenai beberapa hal terkait dengan air bawah permukaan, keberadaan telaga dan susunan formasi batuan di atas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan data litologi dari Telaga Gesing, Pucanganom Gunung Kidul. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik batuan penyekat Telaga Gesing, interpretasi umur penyusun batuan serta mendeliniasi lapisan batuan penyekat pada penampang 2 D di daerah penelitian. Gambaran mengenai batuan alas (penyekat) akan penting bagi keberadaan telaga Gesing di Gunung Kidul sehingga penyebab adanya kebocoran atau hilangnya air pada telaga bisa diketahui dan dikaji lebih mendalam.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa tahapan penelitian (Gambar 1) sebagai berikut :

a. Tahap persiapan (studi pustaka)

Hasil kajian studi pustaka ini digunakan sebagai data pendukung. Pengumpulan semua hasil studi baik melalui jurnal, tulisan dan laporan – laporan geologi dari peneliti terdahulu dari beberapa literatur mengenai tinjauan geologi regional Pegunungan Selatan dan terutama di daerah penelitian yaitu Bedoyo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunung Kidul.

b. Tahap Pengambilan data di lapangan

Tahapan ini merupakan pengambilan data sebagai berikut :

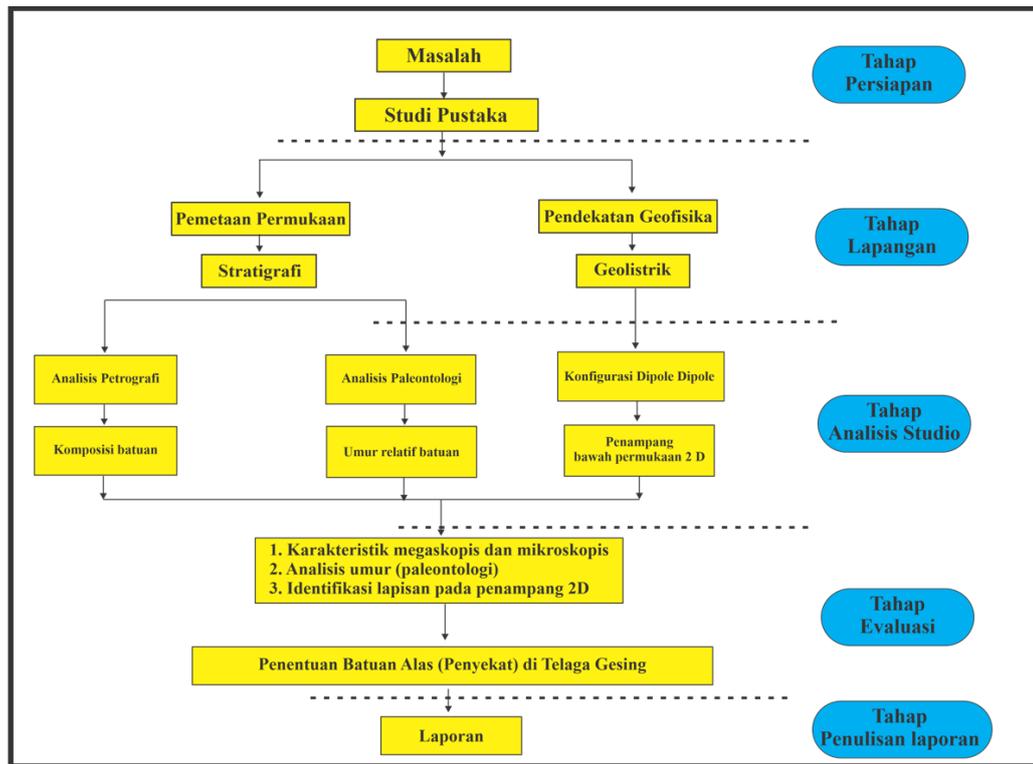
1. Pengambilan data geologi (geomorfologi, stratigrafi / litologi)

Pengambilan data dilakukan dengan metode pemetaan dasar telaga yaitu melakukan pengamatan terhadap adanya geomorfologi, litologi, struktur sedimen, serta komposisi batuan. Data geomorfologi meliputi perbedaan sudut lereng dan beda tinggi serta morfogenesis. Data litologi meliputi warna, struktur, tekstur, komposisi dan nama batuan.

2. Pengambilan conto batuan

Pengambilan conto batuan dilakukan pada lapisan batuan yang diduga dari Formasi Semilir dan Formasi Wonosari. Pengambilan conto batuan dilakukan untuk analisis paleontologi dan analisis petrografi. Analisis paleontologi bertujuan untuk mengetahui umur batuan secara relative berdasarkan kandungan fosil foraminifera. Untuk Formasi Wonosari diambil pada lapisan *bottom*, *middle* dan *top*. Analisis petrografi dilakukan untuk memastikan kandungan dan komposisi batuan secara detail melalui mikroskop. Analisis petrografi ini dilakukan pada batuan terpilih dari Formasi Semilir dan

Formasi Wonosari.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Pengambilan data bawah permukaan (geolistrik)

Konfigurasi elektroda yang digunakan menggunakan metode geolistrik konfigurasi dipole – dipole dengan spasi $a = 20$ meter. Total panjang bentangan 240 meter dengan arah utara – selatan dan diukur pada dasar telaga. Hasil dari pengambilan data ini diolah pada *software Res 2 dinv* untuk mendapatkan gambaran penampang 2 D bawah permukaan dasar telaga.

c. Tahap Analisis Studio dan Laboratorium

Tahap analisis studio meliputi rekonstruksi data stratigrafi bawah permukaan dengan mengkompilasi data permukaan. Data rekonstruksi mencakup data singkapan (warna, tekstur, struktur, komposisi), kedudukan batuan, hubungan stratigrafi.

Tahap analisis laboratorium dilakukan dengan cara melakukan pengamatan mikroskopis terhadap sayatan petrografi untuk penamaan batuan. Penentuan umur batuan dilakukan dengan analisis foraminifera planktonik untuk batuan sedimen. Penentuan lingkungan pengendapan berdasarkan analisis foraminifera bentonik dan pengamatan struktur sedimen.

d. Tahap Evaluasi Data

Pada tahapan ini akan dilakukan interpretasi secara komprehensif terhadap data permukaan dan bawah permukaan. Data permukaan meliputi stratigrafi dan litologi. Evaluasi terhadap umur dikaitkan dengan data geologi regional dan dapat dievaluasi dengan berdasarkan teori dan hasil peneliti terdahulu.

e. Tahap Penyusunan Draft Laporan

Penyusunan draft laporan akan menghasilkan luaran berupa kolom stratigrafi dan interpretasi umur dan lingkungan pengendapan yang dikemas dalam sebuah karya atau narasi ilmiah.

3. HASIL DAN ANALISIS

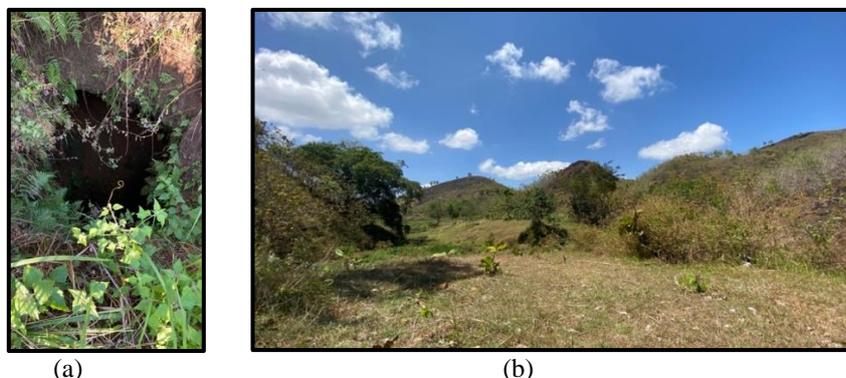
3.1. Geologi Daerah Penelitian

3.1.1 Geomorfologi

Morfologi yang berkembang di daerah penelitian didominasi oleh adanya perbukitan kars dan lembah kars. Di lokasi penelitian spesifik dengan lembah kars berupa dolina yang dibatasi bukit kars. Lembah kars memiliki dimensi panjang utara – selatan memanjang 200 – 250 meter dengan lebar 50 – 80 meter. Proses pelarutan tinggi ditunjukkan dengan adanya lapies dan lubang hasil pelapukan atau karstifikasi (Gambar 3).

3.1.2 Stratigrafi

Telaga Gesing dikelilingi oleh bukit kars yang disusun oleh batugamping kristalin. Di musim kemarau, pengamatan batuan dapat melihat sampai dasar telaga. Singkapan batuan yang nampak di bagian timur dan selatan telaga berupa perlapisan tuf. Tuf berwarna coklat keabuan, struktur berlapis, tekstur piroklastik, berukuran lempung - lanau dan tidak bereaksi dengan HCl. Arah perlapisan tuf memiliki kemiringan N 30° E / 8°.



Gambar 3. (a) Lubang ponor, tempat masuknya air permukaan ke dalam
(b) Kenampakan telaga Gesing di saat musim kemarau dengan dasar telaga tersingkap (lensa menghadap ke utara)

Penamaan batuan juga dilakukan secara mikroskopis menggunakan analisis petrografi. Analisis petrografi dilakukan pada conto batuan dengan kode BDY-SML-01. Hasil analisis petrografi didapatkan komposisi batuan berupa hornblende (0.25%), mineral lempung (16.75%), feldspar grup (7.25%), serta mineral opaque / hematit (2%). Matriks berupa gelas vulkanik (73.75%). Berdasarkan komposisi batuan tersebut, maka nama batuan menjadi *Vitric Tuff* [26].

Analisis paleontologi dilakukan pada conto kode sampel BDY-SMLR-01. Hasil penarikan umur mendapatkan umur N 5 (Miosen Awal). Spesies yang dijumpai antara lain : *Globigerinoides immaturus*, *Catapsydrax Stainforthi*, dan *Globigerina angulisuturalis*. Secara regional, dapat dikorelasikan dengan Formasi Semilir [18].



Gambar 4. Singkapan batuan tuf di tepi telaga Gesing

Batugamping di lapangan menunjukkan warna segar abu-abu kehitaman, struktur masif, tekstur non klastik, komposisi mineral karbonat. Umumnya di bagian puncak bukit kars merupakan bagian batugamping yang resisten. Di bagian bawah bukit kars umum dijumpai lubang *cavern* sebagai indikasi batugamping yang kurang resisten terhadap pelapukan.

Analisis paleontologi terhadap satuan batugamping mendapatkan umur N 14 – N 19 (Miosen Tengah – Miosen Akhir) [27]. Spesies yang dijumpai antara lain *Globigerinoides trilobus*, *Globoquadrina dehiscens*, *Globigerina nepenthes*, dan *Orbulina universa*. Analisis petrografi menunjukkan bahwa beberapa batugamping di daerah Ponjong memiliki karakteristik mikroskopis komposisi terbagi 4 komponen yaitu fosil, kalsit, mikrit dan rongga. Ada pun presentase detailnya ada di Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi Batugamping di daerah penelitian :

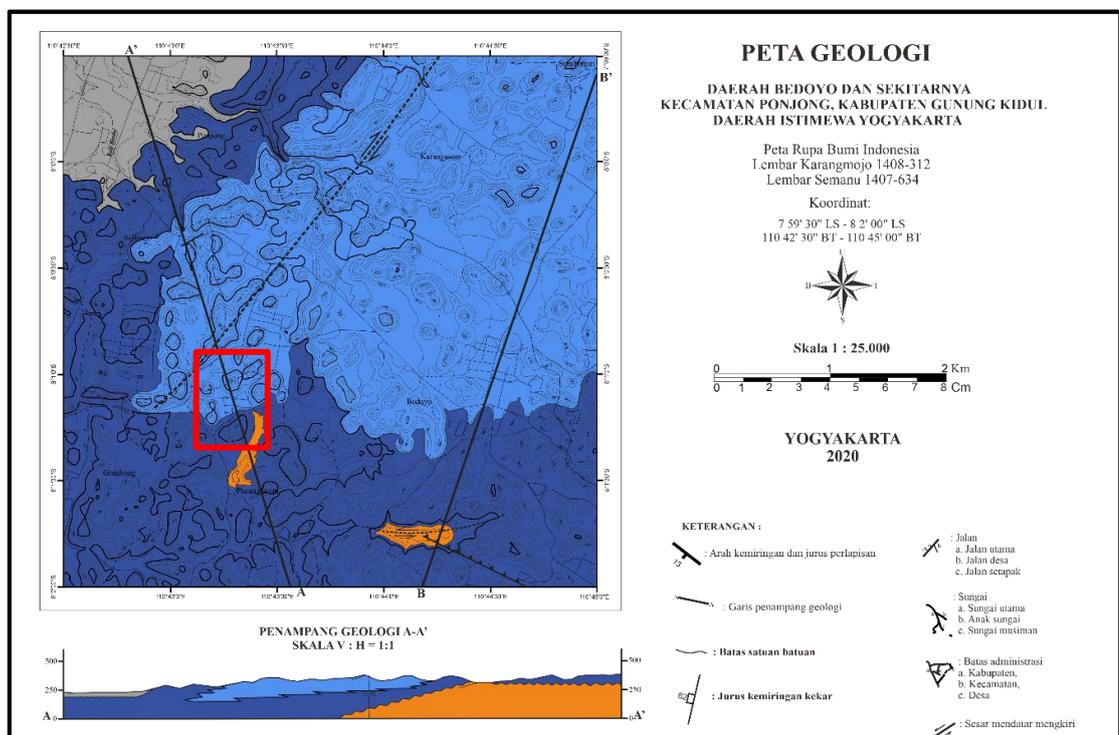
No	Kode	Jenis batugamping	Komposisi (%)				Nama Petrografi
			Fosil	Kalsit	Mikrit	Rongga	
1	BDY01	Chalky (klastik)	36.5	-	42.5	21	Packestone
2	BDY02	Kristalin (nonklastik)	51.75	8.75	34.25	5.25	Packestone / Floatstone
3	BDY03	Kristalin (nonklastik)	34	6.25	50.55	09.25	Packestone
4	BDY05	Kristalin (nonklastik)	41.25	20.5	37.75	0.5	Packestone
5	BDY06	Kristalin (nonklastik)	72.25	5.75	6.5	15.5	Grainstone / Rudstone

Berdasarkan komposisi di atas daerah penelitian lebih didominasi oleh batugamping kristalin (*packestone*) yang hampir memiliki porositas (rongga). Di beberapa tempat juga dijumpai adanya *Floatstone* dan *Rudstone* [28]. Namun untuk menjadi batuan penyekat tentunya harus memiliki permeabilitas rendah dan porositas rendah (BDY 02, BDY03, dan BDY 05).

Lapisan tuf di lapangan memiliki porositas rendah (*impermeable*) dan secara petrografis kaya akan gelas (lempung) sehingga diinterpretasikan sebagai batuan alas (penyekat) Telaga Gesing. Karakteristik fisik lempung adalah lengket dan mudah dibentuk saat lembab, tetapi keras dan kohesif saat kering [29].

3.1.3 Struktur Geologi

Kenampakan struktur geologi tidak banyak berkembang di lapangan. Hasil pelarutan nampaknya mempengaruhi tidak hadirnya kekar – kekar pada batuan. Interpretasi berdasarkan pengamatan citra dan pola kontur mendapatkan kelurusan sesar mendatar dengan arah timurlaut – baratdaya dan barat – timur. (Gambar 5). Kelurusan timurlaut – baratdaya ditengarai sebagai pola kelurusan sesar mendatar [30].



Gambar 5. Peta geologi daerah Bedoyo dan sekitarnya, lokasi penelitian berada di kotak merah

3.2. Pemodelan Bawah Permukaan

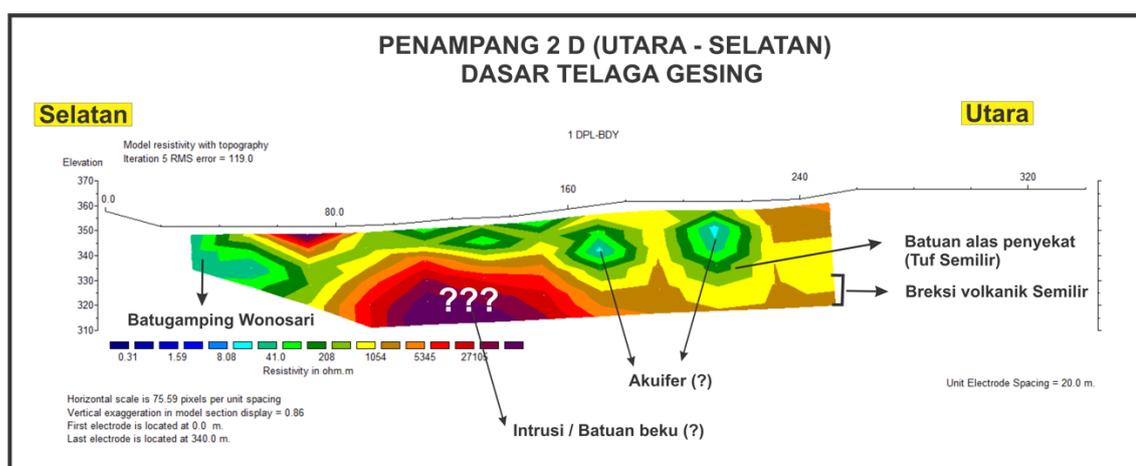
Pengukuran geolistrik menggunakan konfigurasi dipole – dipole dengan arah bentangan relatif utara – selatan. Elektroda dipasang dengan jarak $a = 20$ meter. Hasil konfigurasi dipole – dipole akan

memberikan gambaran bawah permukaan secara lateral. Gambaran lateral ini akan memperlihatkan sebaran dari lapisan tuf sebagai batuan penyekat di dasar telaga (Gambar 6).

Lapisan tuf dijumpai dari permukaan telaga di bagian utara ke timur hingga ke selatan. Pada penampang awah permukaan 2 D, lapisan tuf diinterpretasikan dengan nilai resistivitas berkisar antara 41.0 – 208 Ohmmeter diperlihatkan oleh warna hijau tua hingga hijau muda. Tuf ini dijumpai hingga kedalaman 30 meter. Selain tuf, litologi batugamping kristalin diinterpretasikan oleh nilai resistivitas 1.054 ohmmeter. Pada penampang 2 D, batugamping kristalin ditunjukkan dengan warna kuning hingga cokelat muda.

Adanya nilai resistivitas bersifat anomali terdapat pada nilai resistivitas lebih dari 5.345 hingga 27.105 ohmmeter. Interpretasi awal terhadap batuan ini adalah adanya intrusi atau adanya batuan terobosan (batuan beku). Pada permukaan ditengarai dijumpai pada lintasan dengan bentangan 80 meter.

Adanya nilai anomali resistivitas yang paling kecil diinterpretasikan sebagai akuifer. Nilai resistivitas kecil dipengaruhi oleh adanya air [31]. Pada penampang akuifer bersifat *spot – spot* dan secara hubungan stratigrafi memiliki bentuk melensa. Akuifer diinterpretasi dijumpai pada kedalaman 15 – 20 meter.



Gambar 6. Gambaran dan nilai resistivitas bawah permukaan Telaga Gesing

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian lapangan dan analisis data serta evaluasi secara menyeluruh dari berbagai kompilasi data permukaan dan bawah permukaan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Batuan alas dan batuan penyekat adalah tuf yang memiliki kemiringan N 30° E / 8° berada di sebelah utara, timur dan selatan dasar Telaga Gesing. Tuf memiliki kandungan gelas yang melimpah yang bersifat *impermeable* dan bernama *Vitric Tuff* (Schmid, 1981).
2. Tuf memiliki umur N 5 (Miosen Awal) yang dapat dikorelasikan dan dibandingkan dengan Formasi Semilir.
3. Hasil penampang 2 D menunjukkan bahwa lapisan batuan alas (penyekat) adalah lapisan tuf yang diinterpretasikan dengan nilai resistivitas berkisar antara 8.08 – 41.0 Ohmmeter diperlihatkan oleh warna biru muda hingga hijau muda yang dapat diketemukan hingga kedalaman 30 meter.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterimakasih kepada Kemenristek DIKTI yang telah memberikan pendanaan sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tribun Jogja 2019. Dua Kabupaten Tetapkan Status Siaga Darurat Kekeringan diakses pada tanggal 30 Juli 2019.

2. Yosaphat, S. E. N. B. W. (2018). Interpretasi Struktur Bawah Permukaan menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger Di Daerah Karst Bribin I, Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. *E-Journal Fisika*, 7(1), 49-58.
3. Medcom.id 2019. 355 Telaga di Gunung Kidul Mengering diakses pada tanggal 30 Juli 2019.
4. Surono, B. T., & Sudarno, I. (1992). Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa. *Puslitbang Geologi, Bandung*.
5. Sadikin, A. (2013). Pemetaan Alur Sungai Bawah Permukaan Dengan Resistivitas Elektrik Di Daerah Gunungkidul. *Jurnal Sumber Daya Air*, 9(1), 13-24
6. Munandar, Y.K., Massora, M.R. and Fakhrudin, K.d., 2017. konfigurasi struktur geologi terhadap geometri akuifer airtanah dengan metode geolistrik schlumberger dan pole-dipole kecamatan gedangsari, kabupaten gunungkidul, diy. *metode*, 13, p.15.
7. Redita, D. (2017). *Pemetaan Akuifer Airtanah Dan Perhitungan Neraca Air Pada Daerah Karst dengan Menggunakan Metode Geolistrik Schlumberger Di Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta* (Doctoral dissertation, UPN" VETERAN" YOGYAKARTA).
8. Kusumayudha, S., Zen, M., Notosiswoyo, S. et al. Fractal analysis of the Oyo River, cave systems, and topography of the Gunungsewu karst area, central Java, Indonesia. *Hydrogeology Journal* **8**, 271–278 (2000). <https://doi.org/10.1007/s100400050014>
9. Uligawati, G. W., & Fatimah, F. (2020). IDENTIFIKASI AKUIFER DENGAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DAERAH PONJONG, GUNUNG KIDUL. *Geoda*, 1(1), 1-7.
10. Bonacci, O., 1990. Regionalization in kars regions. *Proceedings of the Ljubljana Symposium*, IAHS Publ. no. 191, 1990.
11. Haryono, E., 2001. Nilai Hidrologis Bukit Kars. *Prosiding Seminar Nasional Eko-Hidrolik*, 28-29 Maret 2001, Jurusan Teknik Sipil, UGM.
12. Cahyadi, A. (2013). Tingkat Pengetahuan Masyarakat Terhadap Keberadaan dan Penyebab Kerusakansumberdaya Air Sungai Bawah Tanah di Kawasan Karst Gunungsewu. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 11(2).
13. Haryono, E.; Adji, T.N. dan Widyastuti, M. 2009. Environmental Problems Of Telaga (Doline Pond) in Gunungsewu Karst, Java Indonesia. dalam White, W.B. 2009. *Proceeding 15th International Congress of Speleology*, Volume II. Texas: UIS.
14. Suryono, T. 2006. Pengelolaan Sumber Air Bawah Tanah Sungai Bribin. *Gunung Sewu Indonesian Cave and Karst Journal*, 2(1): 37-52.
15. Cahyadi, A. dan Hartoyo, F.A. 2011. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pemetaan Wilayah Imbuhan Airtanah dan Kerentanan Airtanah di Kawasan Karst (Studi Kasus di kecamatan paliyan dan Panggang Saptosari, Kabupaten Gunungkidul. Makalah dalam Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2011 (SNATI 2011) 17-18 Juni 2011, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
16. Santosa, L.W. 2007. Kerusakan Telaga Dolin dan Faktor-Faktornya di Wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, 1(3): 176-193.
17. Cahyadi, A., Nurkholis, A., & Purnama, S. (2017). Evolusi Hidrogeokimia pada Mataair di Sistem Goa Pindul, Karangmojo, Kabupaten Gunungkidul.
18. Surono, Budi Toha, dan Sudarno, 1992. Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritontro, Jawa, Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
19. Kurniawan, D., & Tania, D. (2019). Studi Fasies Dan Stratigrafi Batuan Karbonat Formasi Wonosari Desa Ponjong, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, DIY. *Jurnal Teknomineral*, 1(1), 44-55.
20. Atmoko, D. D., Titisari, A. D., & Idrus, A. (2016). Mineralogi dan Geokimia Batugamping Merah Ponjong, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta–Indonesia. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 26(1), 55-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.14203/rissetgeotam2016.v26.269>
21. Na Yogatama, vendra Chista and Ustiawan, Arief Budiman and Julias, Reyhan Naufal (2017) *KARAKTERISTIK BATUGAMPING FORMASI WONOSARI: DIAGENESIS DAN ROCK-TYPING*. PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-10 PERAN PENELITIAN ILMU KEBUMIHAN DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI INDONESIA 13 – 14 SEPTEMBER 2017; GRHA SABHA PRAMANA.
22. Hartono, H. G., Prakoso, T. W., Dalio, D. W., & Steven, A. (2017). Studi Awal Keberadaan Gunung Api Purba Tulakan-Ketro, Pacitan, Jawa Timur. *ReTII*. Retrieved from [//journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/267](http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/267)

23. Sumarso, T. I. (1975). Contribution to the Stratigraphy of the Jiwo Hills and Their Southern Surroundings (Central Java).
24. Rahardjo, W. Sukandarrumidi, dan Rosidi, HMD, 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala, 1(100.000)*.
25. Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., & Kinny, P. (2005). East Java: Cenozoic basins, volcanoes and ancient basement.
26. Schmid, R. (1981). Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. *Geologische Rundschau*, 70(2), 794-799.
27. Blow, W. H. (1969). Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In *Proceedings of the first international conference on planktonic microfossils* (Vol. 1, pp. 199-422). EJ Brill Leiden.
28. Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1971). A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, NWT. *Bulletin of Canadian petroleum geology*, 19(4), 730-781.
29. Nagendrappa, G. 2002. Organic Synthesis using Clay Catalyst. *J. Resonance*. p: 64-77.
30. rizqi, al hussein flowers (2018) "Identifikasi Struktur Geologi Sungai Watugajah, Kec. Gedangsari, Kab. Gunung Kidul, DIY", *ReTII*, 00. Available at: [//journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/1004](http://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/1004) (Accessed: 4September2020).
31. Zamroni, A. (2019). The reconstruction of sliding surface by using geoelectrical resistivity method in Taipingshan Forest National Park, Yilan County, Taiwan. *KURVATEK*, 4(2), 11-18. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v4i2.1184>