

## Analisis Kelayakan Air Tanah Berdasarkan Sifat Fisik dan pH Dusun Kajor Kulon, Desa Selopamioro, Bantul, DIY

Ghaly Yana Putra <sup>\*1)</sup>, Abdullah Khafid Ma'ruf <sup>1)</sup>, Heza Putra Maulana Aji Sakti <sup>1)</sup>, Aditya Salfa Nur Rahman Pratama <sup>1)</sup>,

<sup>1)</sup>Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta

\*yanaghaly60@gmail.com

**Abstrak** – Dusun Kajor Kulon memiliki beberapa destinasi wisata, seperti Air Terjun Kedung Tolok dan Goa Cerme sehingga dirasa perlu untuk menganalisis kelayakan air Dusun ini agar dapat digunakan oleh khayalak ramai yang datang ke tempat-tempat wisata tersebut. Penelitian ini berfokus untuk menganalisis kelayakan air tanah untuk konsumsi dan penggunaan harian pada Dusun Kajor Kulon berdasarkan parameter fisik, seperti bau, warna, TDS, DHL, dan parameter pH, serta melakukan pemetaan MAT untuk mengetahui arah aliran air tanah. Secara geologi, Dusun ini berada pada Formasi Nglanggeran dengan litologi lava dan breksi vulkanik yang di atasnya terendapkan formasi Sambipitu dan Wonosari yang terdiri dari batuan karbonat di atasnya. Nilai MAT tertinggi berada pada sumur 14 dengan elevasi 158.225 mdpl dan terendah pada sumur 6 dengan elevasi 30.012 mdpl. Hasil analisis kelayakan memperlihatkan sumur 8, 9, dan 13 tidak layak untuk keseharian karena pH yang melewati batas minimum, sedangkan hampir seluruh sumur dinilai tidak layak untuk konsumsi kecuali sumur 16 dan 2. Oleh karena itu, disarankan beberapa tindakan pada air tanah sebelum digunakan, seperti penyulingan atau dimasak terlebih dahulu.

**Kata Kunci:** Air Tanah, DHL, Kajor Kulon, Kelayakan, pH, TDS

**Abstract** – Kajor Kulon Hamlet has several tourist destinations, such as Kedung Tolok Waterfall and Cerme Cave, so it is necessary to analyze the feasibility of this hamlet's water so that it can be used by the public who come to these tourist attractions. This research focuses on analyzing the feasibility of groundwater for consumption and daily use in Kajor Kulon Hamlet based on physical parameters, such as odor, color, TDS, DHL, and pH parameters, and conducting MAT mapping to determine the direction of groundwater flow. Geologically, this hamlet is located in the Nglanggeran Formation with lava lithology and volcanic breccia on which Sambipitu and Wonosari formations consisting of carbonate rocks are deposited on top. The highest MAT value is in well 14 with an elevation of 158,225 meters above sea level and the lowest in well 6 with an elevation of 30,012 meters above sea level. The results of the feasibility analysis show that wells 8, 9, and 13 are not suitable for daily use because the pH exceeds the minimum limit, while almost all wells are considered unfit for consumption except wells 16 and 2. Therefore, it is recommended that several actions be taken on groundwater before use, such as distillation or preheating.

**Keywords:** Groundwater, EC, Kajor Kulon, Feasibility, pH, TDS

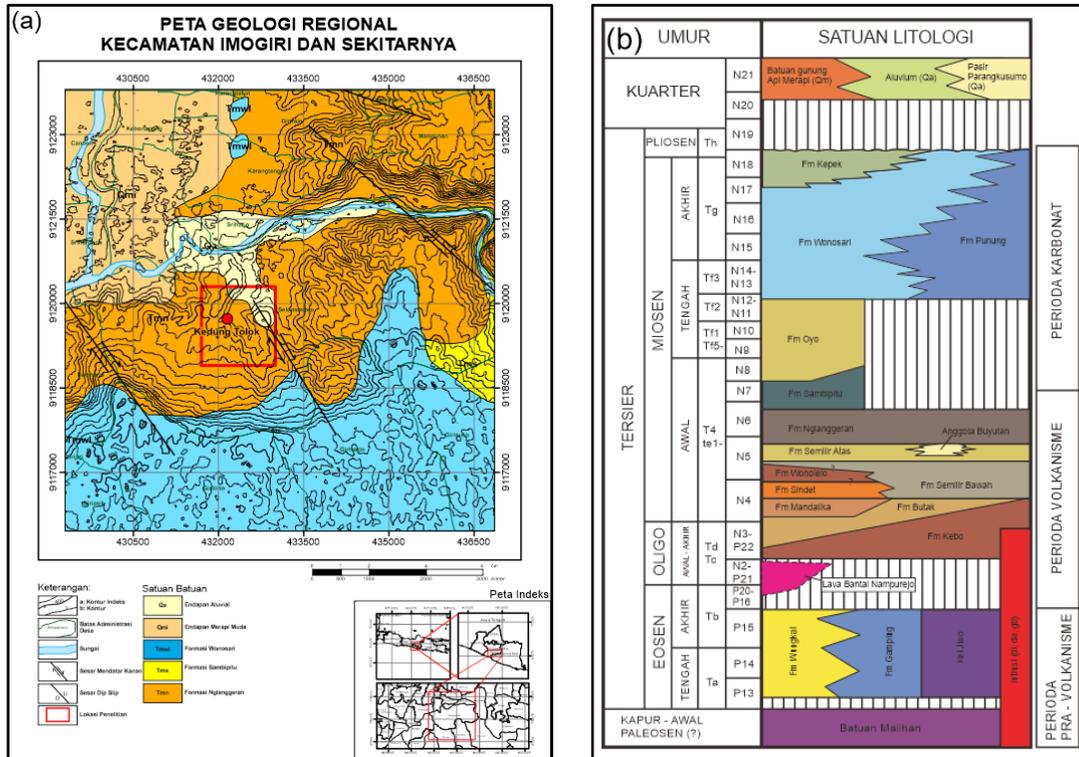
### PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan manusia, tetapi tidak semua air di bumi dapat digunakan untuk konsumsi ataupun digunakan untuk keseharian manusia. Air tanah merupakan jenis air yang sampai saat ini sering digunakan untuk keperluan dan konsumsi manusia, tetapi air ini hanya memiliki volume 0,61% dari volume seluruh air di bumi (Fetter, 2018). Akan tetapi, tidak semuanya layak untuk dikonsumsi, karena ada yang tercemar ataupun memiliki kandungan yang berbahaya bagi manusia. Dalam akuifer, kualitas air tanah dapat berubah-ubah karena berbagai faktor, seperti kandungan air yang masuk dalam akuifer, lapukan batuan, persipitasi batuan, reaksi mineral, dan pencemaran dari manusia (Kuldip-Singh et al., 2011; Pande & Moharir, 2018; Varol & Davraz, 2014). Tingkat kualitas ini dapat dilihat dari beberapa parameter fisik dan kimia, yakni pH, TDS, ion Cl, dan ion HCO<sub>3</sub> (Pande & Moharir, 2018).

Pemetaan air tanah di Yogyakarta sudah dilakukan beberapa peneliti, seperti Ekarini et al. (2021) yang memetakan daerah Sleman, Ratri et al. (2022) yang memetakan daerah Bantul, Prasetyadi et al. (2018) yang memetakan daerah Nglanggeran, Wijayanti et al. (2018) yang memetakan Kulonprogo, Sleman, dan Bantul, Wilopo et al. (2018) yang memetakan Kulonprogo, dan lain-lain. Akan tetapi, belum ada pemetaan kualitas air tanah terkhusus pada Dusun Kajor Kulon, Selopamioro, yang memiliki 2 destinasi wisata cukup terkenal, yakni Air Terjun Kajor Kulon dan Goa Cerme. Kehadiran

2 tempat wisata ini menjadikan keperluan air tanah Dusun Kajor Kulon meningkat karena digunakan oleh warga dan juga wisatawan yang datang. Oleh karena itu, dirasa penting untuk melakukan analisis kelayakan air tanah pada dusun ini. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan kelayakan air tanah pada Dusun Kajor Kulon berdasarkan parameter fisika sebagai studi awal untuk mengetahui sebaran kualitas dan kelayakan air tanah Dusun Kajor Kulon. Selain itu juga dilakukan pemetaan elevasi muka air tanah untuk mengetahui kondisi aliran air tanah.

**Geologi Regional**



**Gambar 1. (a)** Peta Geologi Regional Kecamatan Imogiri dan sekitarnya (Raharjo et al., 1995); **(b)** Kolom Stratigrafi Pegunungan Selatan (Suroño, 2009).

Secara fisiografis, Dusun Kajor Kulon berada pada Zona Pegunungan Selatan (Bemmelen, 1949) yang terdapat pada Formasi Nglanggeran yang terdiri dari litologi hasil vulkanisme tinggi, seperti lava andesit, lava basalt, breksi vulkanik, dan lain-lain (Raharjo et al., 1995). Menurut Suroño (2009), Formasi ini terdiri dari breksi gunung api dan aglomerat, dengan sisipan tuff dan lava andesit berumur N5-N6 atau Miosen Awal. Formasi ini ditimpa secara tidak selaras oleh formasi wonosari dengan dominasi batugamping berlapis dan berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir (N12-N17). Selain itu, formasi ini menimpa secara selaras Formasi Semilir yang berupa batuan hasil erupsi letusan gunung api asam, yang didominasi oleh tuff lapili dan tuff (Suroño, 2009). Secara spasial, terlihat bahwasanya dusun ini berada pada lereng sebelah barat dari perbukitan pegunungan selatan dimana terdapat Formasi Wonosari di atasnya yang mungkin dapat memengaruhi air tanah di Dusun Kajor Kulon.

**METODE**

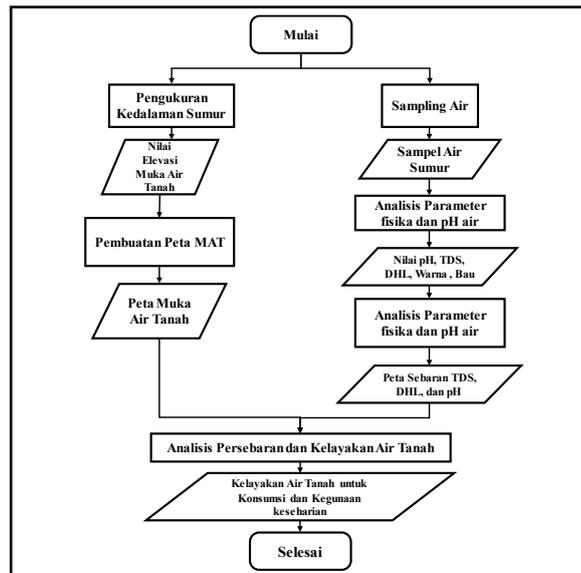
Penelitian dilakukan pada sumur-sumur gali yang berada pada Dusun Kajor Kulon, yakni melakukan pengambilan sampel dan pengukuran kedalaman muka air tanah (MAT), elevasi sumur, dan tinggi bibir sumur. Hal ini dilakukan pada 18 sumur yang terdapat pada Dusun Kajor Kulon.

Data kedalaman air dalam sumur gali, elevasi sumur, dan tinggi bibir sumur digunakan untuk perhitungan elevasi MAT menggunakan rumus berikut:

$$MAT = \text{Elevasi sumur} - (\text{Kedalaman air dari bibir sumur} - \text{tinggi bibir sumur}) \dots \dots \dots (1)$$

Sebaran nilai MAT lalu diinterpolasi menggunakan metode krigging untuk mengetahui sebaran nilai MAT dalam bentuk kontur, sehingga dapat diperkirakan arah aliran air tanah pada daerah penelitian. Interpolasi ini disajikan dalam bentuk Peta MAT vs Topografi untuk melihat posisi MAT terhadap topografi permukaan bumi.

Selain itu, sampel air tanah berikutnya dibawa ke Laboratorium Hidrogeologi UPN “Veteran” Yogyakarta untuk diuji keasamannya (pH) menggunakan kertas pH Universal, diamati warna dan baunya, serta mengukur nilai TDS, DHL, dan suhu air menggunakan alat hanna meter HI 9813-5. Hasil sebaran TDS, DHL, dan pH tiap titik berikutnya diinterpolasi menggunakan metode krigging untuk mengetahui sebaran nilainya. Berikutnya, sebaran nilai ini dinilai kelayakannya menggunakan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 untuk kelayakan untuk minum dan Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 untuk kelayakan penggunaan keseharian yang disajikan dalam bentuk peta sebaran kelayakan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengambilan sampel pada Dusun Kajor Kulon dilakukan pada total 18 lokasi sumur, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Tabulasi hasil analisis fisik dan pH tiap sampel air

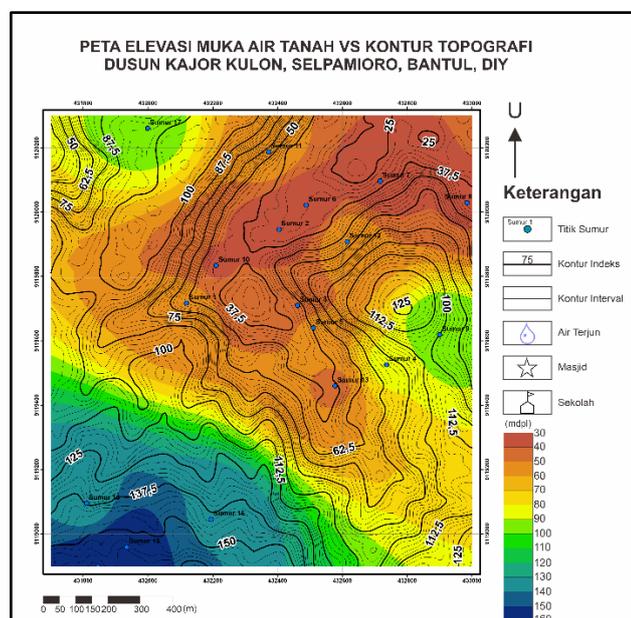
Sumur	Y	X	EA (m)	TDS (ppm)	DHL (µS/cm)	pH	Bau	Warna
1	9119716.9	432119.33	51.670	668	1330	8	Tidak berbau	Bening
2	9119946.2	432405	31.231	400	1437	8	Tidak berbau	Bening
3	9119710.3	432461.38	44.796	616	1219	7	Tidak berbau	Bening
4	9119525.5	432736.46	80.367	847	1698	8	Tidak berbau	Bening
5	9119640	432510.53	48.252	603	1208	8	Tidak berbau	Bening
6	9120021.7	432488.66	30.012	610	1225	7	Tidak berbau	Bening
7	9120096.3	432717.06	31.930	606	1212	7	Tidak berbau	Bening
8	9120029.3	432984.98	38.716	233	442	6	Tidak berbau	Bening
9	9119618.8	432899.99	96.799	456	913	5	Tidak berbau	Bening
10	9119834.3	432210.27	37.253	709	1414	7	Tidak berbau	Bening
11	9120186.8	432373.05	40.181	711	1422	7	Tidak berbau	Bening
12	9119908.2	432615.57	48.087	767	1533	7	Tidak berbau	Bening
13	9119459.7	432577.66	46.638	420	846	5	Tidak berbau	Bening
14	9118897.9	431845.94	158.225	657	1312	7	Tidak berbau	Bening
15	9118959	431934.02	156.636	661	1328	7	Tidak berbau	Bening

Sumur	Y	X	EA (m)	TDS (ppm)	DHL ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	Bau	Warna
16	9119045.4	432195.28	139.478	375	754	8	Tidak berbau	Bening
17	9120260.5	431999.53	89.219	532	1048	7	Tidak berbau	Bening
18	9119094.8	431810.58	134.736	720	1443	7	Tidak berbau	Bening

### Peta Elevasi Muka Air Tanah

Peta Elevasi Muka Air Tanah vs Kontur Topografi (**Gambar 3**) memperlihatkan sebaran elevasi MAT melalui warna merah, jingga, kuning, hijau, dan biru. Warna merah memperlihatkan elevasi MAT yang rendah (30-40 mdpl), sedangkan warna biru tua memperlihatkan elevasi MAT tertinggi (150-160 mdpl). Selain itu, dapat dilihat pula ketinggian elevasi muka bumi yang diperlihatkan oleh kontur topografi.

Dapat diinterpretasikan bahwasanya elevasi MAT kurang lebih mengikuti topografi daerah penelitian, dimana elevasi tertinggi berada pada sebelah barat daya lokasi penelitian dan semakin merendah ke arah timur laut. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwasanya pergerakan air tanah akan berasal dari barat laut dan bergerak ke timur laut.



**Gambar 3.** Peta Elevasi Muka Air Tanah vs Kontur Topografi

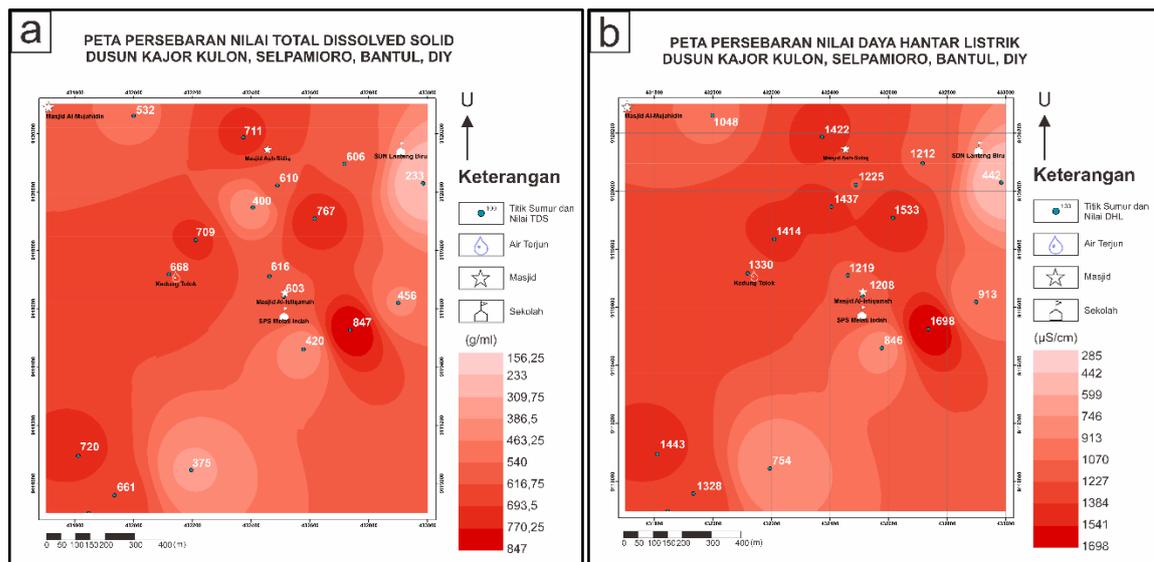
### Total Dissolve Solid (TDS) dan Daya Hantar Listrik (DHL)

TDS merupakan total padatan dalam air, meliputi garam-garam anorganik (terutama kalsium, magnesium, kalium, natrium, bikarbonat, klorida, dan sulfat) dan sejumlah kecil bahan organik yang larut dalam air (Nas & Berkday, 2010), sehingga apabila nilai TDS tinggi, maka kualitas air akan menurun. Sementara itu, daya hantar listrik (DHL) adalah tingkat konduktivitas listrik dalam air. Sifat ini berkaitan dengan total ion dalam larutan air, dimana semakin banyak ion, semakin tinggi konduktivitasnya. Sifat ini digunakan pula untuk mengetahui asal air, yakni apakah berasal dari *saline water* atau *fresh water* (Mandel & Shiftan, 1981). Kedua sifat ini saling berhubungan, dimana keduanya dipengaruhi oleh sifat korosif sampel air dan kandungan senyawa seperti karboant ( $\text{CaCO}_3$ ).

Peta Sebaran nilai TDS (**Gambar 4a**), memperlihatkan nilai TDS tinggi dengan warna merah pekat, yang semakin kecil ke warna putih. Nilai TDS tertinggi ialah 847 ppm pada sumur 4 dan terendah pada sumur 8 dengan nilai 233 ppm. Berdasarkan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 batas maksimum nilai TDS untuk konsumsi ialah 500 ppm, sedangkan berdasarkan Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017, batas maksimum nilai TDS untuk keperluan keseharian ialah 1000 ppm. Berdasarkan batas-batas nilai ini, air layak konsumsi berada pada sumur 8, 16, 2, 13, dan 9. Akan tetapi, seluruh sumur tergolong layak untuk digunakan dalam keseharian karena nilainya kurang dari 1000 ppm.

Sementara itu, peta nilai DHL terdapat pada **Gambar 4b** dengan Nilai DHL tinggi berwarna merah pekat, sedangkan semakin putih semakin rendah. Nilai DHL terendah berada pada sumur 8 dengan nilai 442  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sedangkan nilai tertinggi berada pada sumur 4 dengan nilai 1698  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Berdasarkan Mandel & Shiftan (1981), nilai DHL yang tergolong *fresh groundwater* ialah 30-2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sehingga berdasarkan nilai DHL, semua sumur tergolong dalam *fresh groundwater* sehingga dianggap layak untuk konsumsi.

Sebaran nilai DHL dan TDS terlihat berbanding lurus, dimana nilai tertinggi dan terendah masing-masing parameter berada pada sumur yang sama. Akan tetapi, faktor distribusi variasi nilai DHL dan TDS belum dapat diinterpretasikan dengan baik.

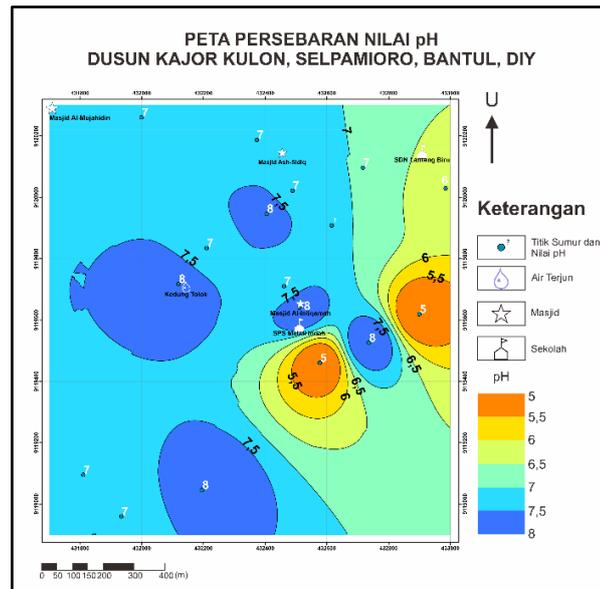


**Gambar 4.** (a) Peta Sebaran *Total Dissolved Solid*; (b) Peta Sebaran Daya Hantar Listrik

### Tingkat Keasaman (pH)

Nilai pH didefinisikan sebagai logaritma desimal negatif dari konsentrasi ion hidrogen. Nilai pH umumnya berkisar antara 6,5 dan 8,5, tergantung pada konstituen terlarut dan suhu (Mandel & Shiftan, 1981). Oleh karena itu, nilai pH dipengaruhi nilai TDS dan DHL. Akan tetapi, nilai pH biasanya tidak berdampak langsung pada konsumen, tetapi pH merupakan salah satu parameter kualitas air operasional yang penting, yakni dibutuhkan pH 6,5 – 8,5 untuk dikatakan layak konsumsi ataupun digunakan dalam keseharian (Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010; Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017).

Peta sebaran nilai pH dapat dilihat pada **Gambar 5**, memperlihatkan pH tinggi berwarna biru, dan semakin rendah semakin merah. pH tertinggi terdapat pada sumur 4 dengan nilai 8, sedangkan pH terendah berada pada sumur 8 dengan pH 5. Sesuai dengan Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 dan Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017, Sumur yang layak untuk konsumsi dan digunakan untuk keseharian ialah sumur 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, dan 18 karena memiliki nilai pH 6,5 – 8,5.



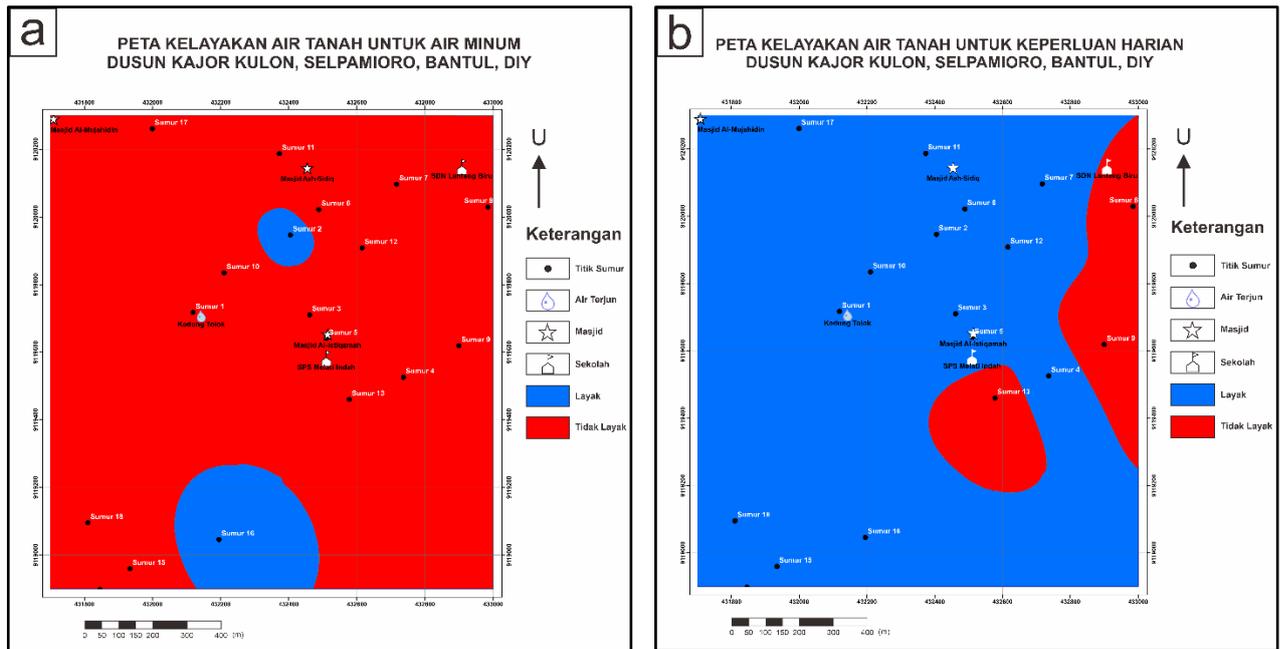
Gambar 5. Peta Sebaran pH

### Kelayakan Air Tanah

Kelayakan air tanah dinilai berdasarkan parameter pH, TDS, dan DHL, bau, dan warna menggunakan peraturan Permenkes 492/MENKES/PER/IV/2010 untuk batas kelayakan konsumsi dan Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk batas kelayakan penggunaan keseharian yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berdasarkan parameter-parameter ini maka dilakukan deliniasi daerah-daerah yang masuk dalam kategori layak dan tidak layak yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Tabel 2. Tabel parameter kelayakan air

Parameter	Layak Minum (Permenkes 492/MENKES/PER/IV/2010)	Layak untuk Keseharian (Permenkes No. 32 Tahun 2017)
Total Dissolved Solid	500 ppm	1000 ppm
Warna	Tidak berwarna (15 TCU)	Tidak berwarna (50 TCU)
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
pH	6,5-8,5	6,5-8,5
Daya Hantar Listrik (Mandel, 1981)	$< 2000\mu\text{S/cm}$	



**Gambar 6.** (a) peta sebaran kelayakan air tanah untuk minum; (b) Peta sebaran air tanah untuk keseharian

**Gambar 6a** memperlihatkan sebaran kelayakan air yang layak untuk di minum, yang digambarkan dengan warna biru. Hampir keseluruhan air tanah Dusun Kajor Kulon tidak layak untuk dikonsumsi atau diminum secara langsung karena sumur sebelah timur dan timur laut memiliki nilai pH tidak memenuhi kriteria dan 8 dari 13 sumur memiliki nilai TDS yang tidak memenuhi kriteria. Sementara itu, **Gambar 6b** memperlihatkan sebaran kelayakan air tanah untuk penggunaan keseharian, yang digambarkan dengan warna biru. Hampir keseluruhan daerah memiliki air tanah yang layak untuk penggunaan keseharian, tetapi dapat beberapa daerah berwarna merah karena nilai pH yang terlalu kecil dan TDS yang terlalu besar.

Ketersediaan air tanah yang tidak layak ini diperkirakan terjadi karena 2 faktor, yakni geologi dan antropologi. Secara topografi, Dusun Kajor Kulon berada pada bawah lereng Perbukitan Pegunungan Selatan yang bagian atasnya terdapat litologi batugamping yang bersifat mudah terlarutkan dalam air. Kandungan TDS yang tinggi mungkin berasal dari aliran air tanah dari batugamping di atas Dusun Kajor Kulon yang terakumulasi pada reservoir dibawah dusun ini. Hal ini mungkin terjadi karena batugamping memiliki sifat mudah larut air, sehingga air yang datang dari batu gamping akan memiliki kandungan ion lebih tinggi yang berasal dari batugamping tersebut. Selain itu, ada kemungkinan pencemaran air tanah karena penggunaan *septic tank* yang kurang tepat.

## PENUTUP

MAT tertinggi berada pada bagian barat daya Dusun Kajor Kulon, yang semakin merendah ke timur laut, sehingga diinterpretasikan aliran air tanah berasal dari barat daya ke timur laut. Hasil analisis fisik memperlihatkan keseluruhan air tanah tidak berbau dan tidak berwarna, TDS tertinggi pada sumur 4 dengan nilai 847 ppm dan terendah pada sumur 8 dengan nilai 233 ppm, DHL tertinggi pada sumur 4 dengan nilai 1698  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dan DHL terendah pada sumur 8 dengan nilai 442  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH terasam berada pada sumur 8 dengan nilai 5 dan paling basa pada sumur 4 dengan nilai 8. Hampir seluruh daerah Dusun Kajor Kulon memiliki air yang layak untuk digunakan dalam keseharian, tetapi sumur 8, 9, dan 13 memiliki pH yang melewati batas minimum, sehingga dinilai tidak layak. Sementara itu, untuk keperluan konsumsi, hampir seluruh air tanah di dusun ini tidak layak minum, tetapi sumur 16 dan 2 masih dalam kondisi layak minum. Hal ini dapat disebabkan oleh aliran air yang berasal dari batugamping di barat daya dan selatan Dusun Kajor Kulon yang membawa senyawa karbonat. Selain itu, diperkirakan juga ada pencemaran air oleh penggunaan *saptic tank* sehingga pH semakin asam.

Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan penyulingan air atau memasak air dengan baik sebelum digunakan untuk konsumsi. Daerah yang air tanahnya tidak layak untuk keseharian, disarankan untuk melakukan penyulingan terlebih dahulu. Selain itu, penelitian ini hanya terbatas penilaian fisik dan pH air tanah saja, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk melakukan analisis kimia air serta pemetaan geologi yang terperinci untuk mengetahui pengaruh tinggi rendahnya parameter kelayakan air tanah. Selain itu, disarankan pula penelitian lebih lanjut untuk penyulingan air tanah pada Dusun Kajor Kulon ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R. W. Van. (1949). *The Geology of Indonesia*. The Hague.
- Ekarini, F. D., Rafsanjani, S., Rahmawati, S., & Asmara, A. A. (2021). Groundwater Mapping of Total Coliform Contamination in Sleman, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 933(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/933/1/012047>
- Fetter, C. W. (2018). Applied Hydrogeology. In *Applied Hydrogeology Fourth Edition* (fourth Ed). Waveland Press, INC.
- Permenkes No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, (2010).
- Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, (2017).
- Kuldip-Singh, Hundal, H. S., & Dhanwinder-Singh. (2011). Geochemistry and assessment of hydrogeochemical processes in groundwater in the southern part of Bathinda district of Punjab, northwest India. *Environmental Earth Sciences*, 64(7), 1823–1833. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-0989-9>
- Mandel, S., & Shifan, Z. L. (1981). *Groundwater Resources Investigation and Development A Series of Monographs*. Academic Press.
- Nas, B., & Berktaç, A. (2010). Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1–4), 215–227. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0689-4>
- Pande, C. B., & Moharir, K. (2018). Spatial analysis of groundwater quality mapping in hard rock area in the Akola and Buldhana districts of Maharashtra, India. *Applied Water Science*, 8(4), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0754-2>
- Prasetyadi, C., Prastistho, B., Rodhi, A., Pratiknyo, P., Rachman, M. G., Rizkianto, Y., Arhananta, Arina, I., & Nugraha, A. (2018). Conservation of groundwater in Nglanggeran Area, Gunung Kidul District, Yogyakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 212(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012007>
- Raharjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. D. (1995). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Ratri, D., Putra, D. P. E., & Wilopo, W. (2022). Groundwater geochemistry and hydrogeochemical processes assessment in Bantul, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 958(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/958/1/012013>
- Surono. (2009). Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 19(3), 209–221.
- Varol, S., & Davraz, A. (2014). Assessment of geochemistry and hydrogeochemical processes in groundwater of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71(11), 4657–4673. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2856-3>
- Wijayanti, Y., Yuniasih, B., Verma, N., Krisdiarto, A. W., & Safitri, L. (2018). Groundwater quality mapping of Yogyakarta City, Sleman, Kulonprogo and Bantul regency area of Yogyakarta Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 195(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/195/1/012012>
- Wilopo, W., Putra, D. P. E., & Wibowo, D. A. (2018). Groundwater flow modeling in the Wates coastal aquifer, Kulon Progo District, Yogyakarta Special Province, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 14(41), 119–125. <https://doi.org/10.21660/2018.41.87886>