



Geovisualisasi Kondisi Air Tanah pada Akuifer Tidak Tertekan di Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman

Geovisualization of Groundwater Conditions in Unconfined Aquifer in Ngemplak District Sleman Regency

Sadewa Purba Sejati¹

Program Studi Geografi, Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Panji

Program Studi Geografi, Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Artikel Masuk : 10 September 2020

Artikel Diterima : 17 Juni 2023

Tersedia Online : 30 April 2024

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi air tanah, mengetahui kemampuan sistem informasi geografis (SIG) berbasis *web* sebagai media geovisualisasi kondisi air tanah, dan merumuskan strategi manajemen lingkungan air tanah. Kondisi air tanah diidentifikasi menggunakan data kedalaman air tanah, daya hantar listrik (DHL), suhu, warna, bau, dan rasa air tanah. Data dikumpulkan dengan metode survei lapangan. Sampel ditentukan menggunakan metode *systematic random sampling*. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.6 dengan metode interpolasi spasial untuk menghasilkan informasi tematik. Informasi tematik digunakan untuk menyusun geovisualisasi berbasis *web* menggunakan *ArcGIS Online Web App Builder*. Strategi manajemen lingkungan air tanah dirumuskan menggunakan matriks SWOT berdasarkan geovisualisasi kondisi air tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air tanah di daerah penelitian didominasi oleh kedalaman kurang dari 3,5 meter. Nilai DHL berada pada rentang 143-520 microsiemens/cm, suhu air tanah berada pada rentang 25-28,5^ocelcius. Kualitas air tanah secara umum masih baik dengan kondisi air yang tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna. Geovisualisasi berbasis *web* dapat dioperasikan pada berbagai macam perangkat elektronik. Tipe prosesor dan kapasitas memori sangat mempengaruhi aksesibilitas perangkat elektronik terhadap program tersebut. Semakin besar kapasitas ram dan semakin terkini prosesor yang digunakan maka waktu yang dibutuhkan untuk mengakses program semakin cepat. Geovisualisasi berbasis *web* memiliki kelebihan, yaitu tampilan lebih menarik, *paperless*, dan integrasi dengan berbagai macam data kewilayahan mudah dilakukan. Strategi manajemen lingkungan air tanah di daerah penelitian terdiri dari tiga bagian, yaitu strategi aksesibilitas terhadap air tanah, strategi untuk menjaga kuantitas air tanah, dan strategi untuk menjaga kualitas air tanah.

Kata Kunci: *Air tanah, akuifer tidak tertekan, SIG, web*

¹ Korespondensi Penulis: Universitas Amikom Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
Email: sadewa@amikom.ac.id

2 Geovisualisasi Kondisi Air Tanah pada Akuifer Tidak Tertekan...

Abstract: *This study aims to identify groundwater conditions, determine the capabilities of a web-based geographic information system (GIS) as a medium for geovisualizing groundwater conditions, and formulate groundwater environmental management strategies. Groundwater conditions were identified using data on groundwater depth, electrical conductivity (EC), temperature, color, smell, and taste. Data were collected using a field survey method. Samples were determined using a systematic random sampling method. Data were analyzed using ArcGIS 10.6 software with spatial interpolation methods to produce thematic information. Thematic information was used to construct web-based geovisualizations using the ArcGIS Online Web App Builder. Groundwater environmental management strategies were formulated using a SWOT matrix based on the geovisualisation of groundwater conditions. The results show that groundwater in the research area is dominated by a depth of less than 3.5 meters. The DHL value is in the range of 143-520 microsiemens/cm, and the groundwater temperature is in the range 25-28.50 Celsius. The quality of groundwater is generally good, with odorless, tasteless, and colorless water. Web-based geovisualisation can be applied to a wide variety of electronic devices. The type of processor and memory capacity greatly influence the accessibility of the electronic device to the program. The larger the RAM capacity and the more current the processor is used, the faster the time required to access the program. Web-based geovisualization has advantages such as a more attractive appearance, paperlessness, and easy integration with various types of regional data. The groundwater environmental management strategy in the research area consists of three parts: the groundwater accessibility strategy, strategy for maintaining groundwater quantity, and strategy for maintaining groundwater quality.*

Keywords: *GIS, groundwater, unconfined aquifer, web*

Pendahuluan

Kecamatan Ngemplak merupakan salah satu wilayah administratif di Kabupaten Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan kajian bentuk lahan, wilayah tersebut tergolong dalam bentuk lahan asal proses vulkanik yang berada pada bagian lereng selatan Gunung Api Merapi (Sejati & Adji, 2013). Wilayah Kecamatan Ngemplak juga memiliki fungsi sebagai kawasan resapan air hujan bersama tiga wilayah lainnya, yaitu Kecamatan Pakem, Kecamatan Turi, dan Kecamatan Cangkringan (Sejati, 2020). Kondisi geologi dan klimatologi menyebabkan air tanah di Kecamatan Ngemplak mudah diakses. Berdasarkan observasi lapangan tahun 2019, air tanah pada wilayah ini diakses penduduk dengan membuat sumur gali.

Ketersediaan sumber daya air tanah yang melimpah dan mudah diakses perlu dijaga keberlangsungannya. Pemikiran bahwa air tanah merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui memang tidak salah. Pemikiran tersebut muncul di kalangan akademis saat siklus hidrologi digunakan sebagai bahan pembelajaran. Siklus hidrologi menggambarkan bahwa air di bumi mengalami pergerakan, mulai dari evaporasi, transpirasi, kondensasi, presipitasi, infiltrasi, dan perkolasi. Berdasarkan pemahaman mengenai pergerakan air tersebut, kemudian muncul pemahaman turunan bahwa air yang kosong di suatu tempat suatu saat akan terisi lagi dan demikian seterusnya. Pemahaman mengenai siklus hidrologi perlu diterapkan secara hati-hati, terlebih jika dikaitkan dengan pengelolaan air tanah. Sebagai sumber daya alam yang dapat diperbaharui, air tanah bukan berarti bebas dari masalah. Penurunan muka air tanah, penurunan kuantitas, dan pencemaran air tanah merupakan beberapa contoh permasalahan yang berkaitan dengan air tanah (Sejati, 2020; Sudarmadji, 2013; Sutardi et al., 2017). Permasalahan air tanah cenderung disebabkan oleh aktivitas manusia. Aktivitas manusia berpotensi menyebabkan terjadinya dinamika air

tanah, yaitu suatu keadaan yang selalu berubah dari waktu ke waktu. Perubahan tersebut dapat mengakibatkan munculnya permasalahan air tanah.

Visualisasi kondisi air tanah dapat digunakan sebagai dasar pemantauan dinamika air tanah untuk meminimalisir permasalahan air tanah (Sejati, 2018, 2019). Visualisasi hasil identifikasi kondisi air tanah di Kecamatan Ngemplak hingga saat ini masih dilakukan secara konvensional oleh dinas atau instansi terkait. Teknologi terkini dalam visualisasi kondisi air tanah belum dimanfaatkan secara optimal. Kondisi air tanah cenderung divisualisasikan dalam bentuk teks. Hal tersebut tentu sangat bertolak belakang dengan masifnya jargon Era Teknologi 4.0 yang seringkali didengungkan beberapa tahun terakhir ini.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan SIG berbasis *web* sebagai media visualisasi kondisi air tanah di wilayah Kecamatan Ngemplak. Kecamatan Ngemplak dipilih sebagai daerah penelitian karena hingga saat ini kajian mengenai visualisasi kondisi air tanah menggunakan SIG berbasis *web* belum pernah dilakukan, di sisi lain perubahan penggunaan lahan yang berpotensi menimbulkan permasalahan terhadap air tanah sedang terjadi secara masif di wilayah tersebut. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengkaji aksesibilitas berbagai perangkat elektronik terhadap program SIG berbasis *web* kondisi air tanah. Visualisasi kondisi air tanah kemudian akan dikembangkan untuk menyusun strategi manajemen lingkungan, khususnya lingkungan air tanah. Strategi manajemen lingkungan air tanah di Kecamatan Ngemplak belum pernah dikemukakan pada penelitian terdahulu, sehingga perlu disusun agar air tanah dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan di tengah perubahan penggunaan lahan, pembangunan, dan keragaman aktivitas penduduk di daerah penelitian. Kajian ini diharapkan dapat memperkaya referensi mengenai visualisasi kondisi air tanah menggunakan sistem informasi geografis berbasis *web*, juga sebagai referensi strategi manajemen lingkungan air tanah di Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah penelitian berada dalam koordinat 436000 hingga 442000 mT dan 9142000 hingga 9152000 mU. Daerah penelitian ditentukan berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu keberadaannya dalam kawasan resapan air hujan dan adanya indikasi bahwa air tanah berpotensi mengalami permasalahan akibat kepadatan dan aktivitas penduduk di wilayah tersebut. Kecamatan Ngemplak juga dipilih sebagai daerah penelitian karena kajian visualisasi kondisi air tanah menggunakan SIG berbasis *web* belum pernah dilakukan di wilayah tersebut.

Identifikasi kondisi air tanah dilakukan menggunakan data primer. Variabel yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi air tanah adalah kedalaman air tanah, daya hantar listrik (dhl), suhu, warna, bau, dan rasa air tanah. Air tanah yang diidentifikasi merupakan air tanah yang berada di lapisan akuifer bebas (*unconfined aquifer*) atau akuifer tidak tertekan. Data dikumpulkan melalui metode survei lapangan yaitu dengan cara mengamati, mengukur, dan mencatat kondisi air tanah di sumur galian yang tersebar di daerah penelitian. Sampel sumur galian yang digunakan sebagai media untuk mengidentifikasi kondisi air tanah ditentukan menggunakan metode *systematic random sampling*. Metode ini diterapkan dengan cara membuat *grids* dalam peta daerah penelitian. Ukuran yang digunakan untuk membuat *grid* adalah 750 m². Lokasi sumur ditentukan secara acak dalam setiap *grid*. Variabel kondisi air tanah yang dikumpulkan meliputi ukuran muka air tanah, daya hantar listrik, suhu, rasa, warna, dan bau air tanah. Kedalaman muka air tanah diukur dengan memasukkan pita ukur dari bibir sumur hingga menyentuh muka

air tanah (*water table*). Untuk mendapatkan ukuran kedalaman muka air tanah, angka pita ukur kemudian dikurangi dengan ketinggian bis sumur. Nilai daya hantar listrik dan suhu air tanah diketahui dengan memasukkan *water test kit* dalam air sumur yang diambil menggunakan timba, air dalam timba tersebut kemudian diidentifikasi warna, bau, dan rasanya. Data koordinat lokasi sumur juga dicatat. Data koordinat sangat diperlukan agar data kondisi air tanah dapat diolah dan dianalisis dengan pendekatan keruangan dan kewilayahan. Rincian data kondisi air tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian Data Kondisi Air Tanah

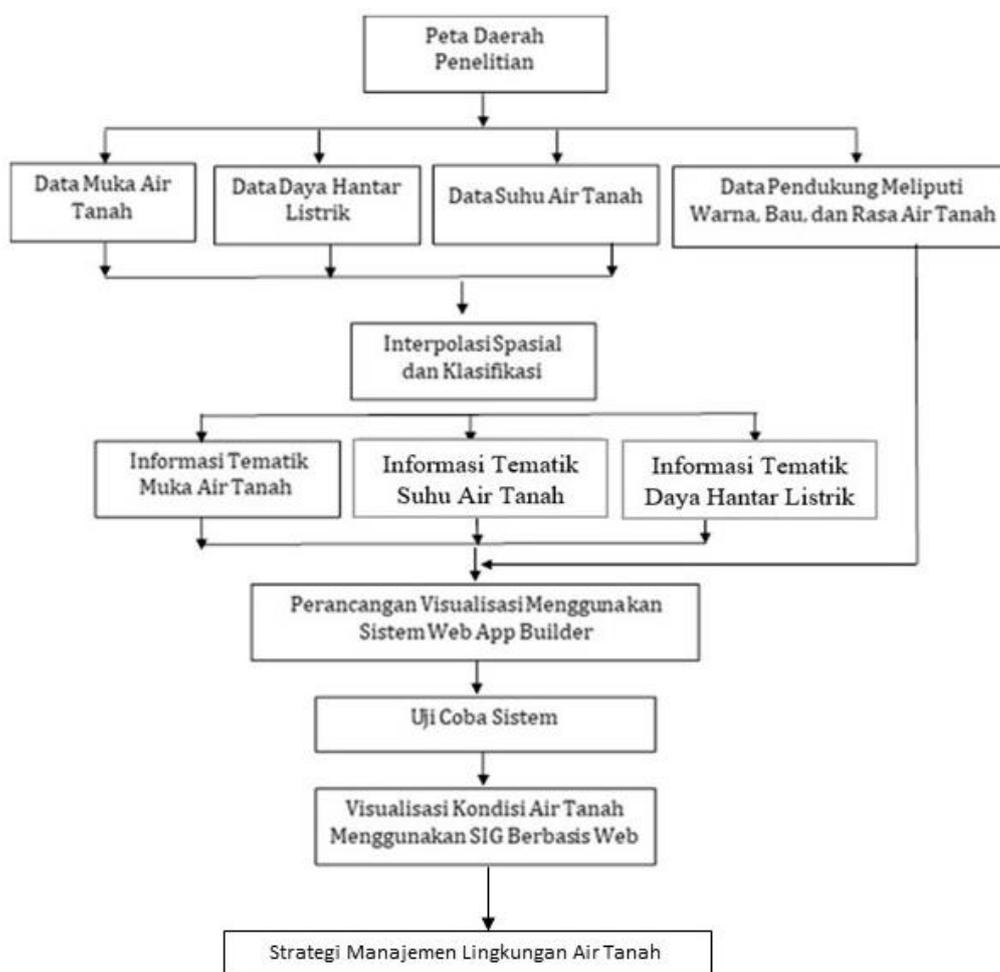
Data	Satuan	Alat yang Digunakan
• Posisi Koordinat	• Meter (Koordinat UTM)	• GPS Garmin Tipe 64 S
• Muka Air Tanah	• Meter	• Pita Ukur Tipe Bison
• Daya Hantar Listrik	• Mikro Siemens/cm	• Water Test Kit Tipe EZ-1
• Suhu Air Tanah	• ⁰ Celsius	• Water Test Kit Tipe EZ-1
• Warna	• Tidak ada satuan	• Mata
• Bau	• Tidak ada satuan	• Hidung
• Rasa	• Tidak ada satuan	• Lidah

Data yang telah terkumpul kemudian diolah dan dianalisis menggunakan pendekatan keruangan dan kewilayahan. Data diolah menggunakan perangkat lunak ArcGIS versi 10.6. Hasil pengolahan data adalah informasi tematik kondisi air tanah meliputi peta persebaran lokasi pengambilan sampel, peta muka air tanah, peta daya hantar listrik air tanah, peta suhu air tanah.

Informasi tematik yang telah disusun kemudian divisualisasikan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) berbasis *web*. Sistem informasi geografis (SIG) hadir sebagai teknologi yang dapat diterapkan dalam visualisasi kondisi air tanah (Arulbalaji et al., 2019; Duarte & Marques, 2019; Rossetto et al., 2018; Sejati, 2020; Skoulikaris et al., 2014; Velasco et al., 2019). SIG merupakan sistem berbasis komputer yang menerapkan pendekatan keruangan dan kewilayahan dalam mekanismenya (Longley et al., 2015). Integrasi SIG dan *web* yang lazim disebut dengan istilah SIG berbasis *web* dapat digunakan untuk menyimpan dan menyajikan hasil identifikasi kondisi air tanah secara interaktif baik melalui komputer maupun *smartphone* (Jumadi & Priyana, 2016; Veenendaal, 2015). Informasi mengenai potensi pencemaran air tanah, prediksi arah aliran air tanah, keadaan kimia dan fisika air tanah dapat divisualkan dengan SIG (Purnama, 2019; Riasasi & Sejati, 2019; Setyaningrum & Prasetya, 2017).

Visualisasi dilakukan menggunakan *ArcGIS online web app builder*. Uji coba sistem kemudian dilakukan untuk mengetahui apakah visualisasi yang telah dihasilkan dapat diakses melalui beragam perangkat elektronik. Sistem diuji coba menggunakan komputer dan *smartphone* dengan berbagai macam sistem operasi. Perangkat elektronik yang dijadikan sebagai media uji coba ditentukan berdasarkan sistem operasi (OS) dan tipe prosesor yang digunakan pada kebanyakan perangkat elektronik saat ini.

Visualisasi kondisi air tanah yang telah dihasilkan kemudian digunakan untuk menyusun strategi manajemen lingkungan air tanah di daerah penelitian. Strategi manajemen lingkungan air tanah disusun menggunakan metode SWOT kualitatif. Matriks SWOT disusun untuk menginventarisir elemen *strength* (kekuatan), *weakness* (kelemahan), *opportunity* (peluang), dan *threats* (ancaman) berdasarkan kondisi air tanah yang telah divisualkan menggunakan SIG berbasis *web*. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

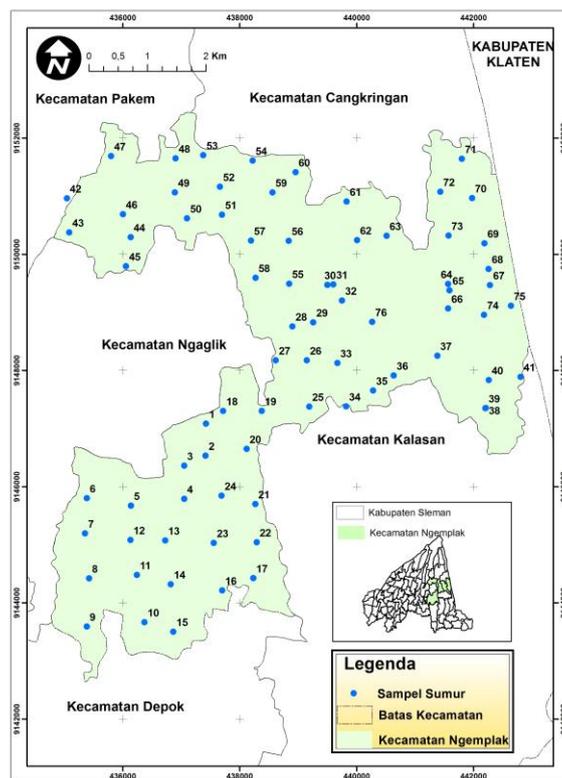


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

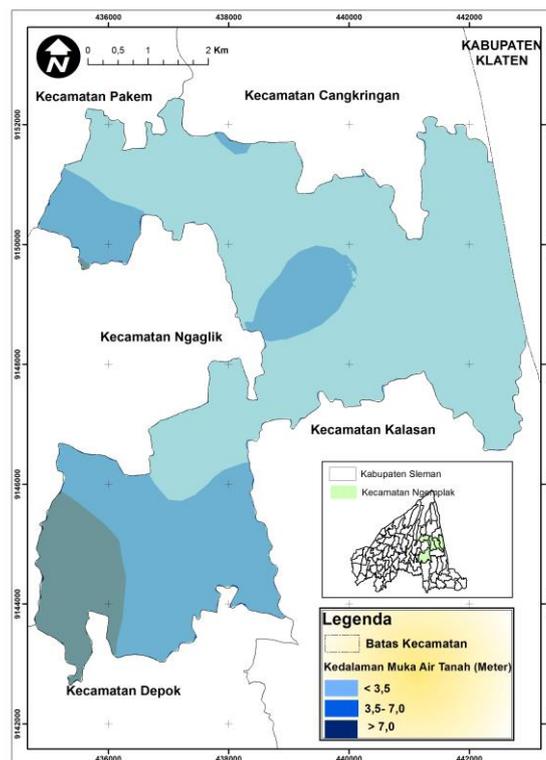
Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah diidentifikasi melalui data primer yang dikumpulkan dengan metode *systematic random sampling*. Persebaran data primer dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa sebanyak 75 sampel digunakan dalam penelitian ini. Setiap *point* (titik) sampel menunjukkan lokasi koordinat sumur galian yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi air tanah. Variabel utama yang digunakan untuk mengidentifikasi kondisi air tanah adalah muka air tanah, suhu. Selain variabel utama, terdapat data pendukung meliputi warna, bau, dan rasa air tanah.



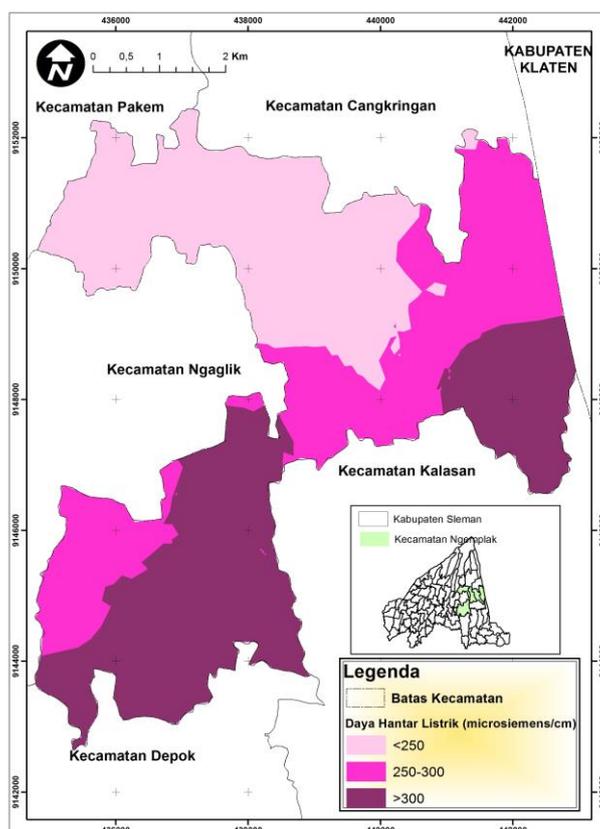
Gambar 2. Persebaran Lokasi Pengumpulan Data Primer

Muka air tanah memiliki kedalaman yang bervariasi. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan diketahui bahwa muka air tanah paling dalam berada pada kedalaman 11,9 meter, sedangkan muka air tanah terdangkal berada pada kedudukan 0,7 meter di bawah permukaan tanah. Analisis interpolasi spasial kemudian dilakukan untuk mengetahui pola kewilayahan kondisi muka air tanah. Berdasarkan pertimbangan jumlah sampel dan metode *sampling*, interpolasi spasial dilakukan dengan metode *ordinary kriging* karena memiliki akurasi yang paling baik diantara metode lainnya (Sejati, 2019). Hasil interpolasi adalah informasi tematik kondisi muka air tanah di daerah penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3. Muka air tanah di daerah penelitian diklasifikasi menjadi tiga kelas, yaitu kurang dari 3,5 meter (dangkal), antara 3,5 hingga 7 (sedang) meter dan lebih dari 7 meter (dalam). Setiap kelas memiliki pola visualisasi yang bervariasi. Muka air tanah yang paling tampak dominan adalah pada kedalaman kurang dari 3,5 meter (dangkal) dengan persentase luas wilayah sebesar 62,2%. Muka air tanah pada kedalaman antara 3,5 hingga 7meter dan lebih dari 7meter masing- masing memiliki persentase luas wilayah sebesar 29,7% dan 8,1%. Berdasarkan variasi kondisi kedalaman muka air tanah, dapat dikatakan bahwa air tanah di daerah penelitian mudah diakses. Aksesibilitas yang mudah tersebut dipengaruhi oleh faktor kondisi alami wilayah. Daerah penelitian memiliki kondisi litologi yang tersusun oleh material pasir, kerakal, dan kerikil sebagai hasil proses vulkanik Gunung Api Merapi. Material tersebut cenderung memiliki ruang antar butir dengan ukuran besar sehingga mampu mengalirkan air tanah dengan sangat baik. Faktor lainnya adalah kondisi curah hujan. Daerah penelitian memiliki klasifikasi iklim Schimdt- Fergusson dengan indeks C (agak basah) dengan rerata curah hujan tahunan sebesar 2339-2753 mm/tahun (Sejati & Adji, 2013).



Gambar 3. Informasi Tematik Muka Air Tanah di Daerah Penelitian

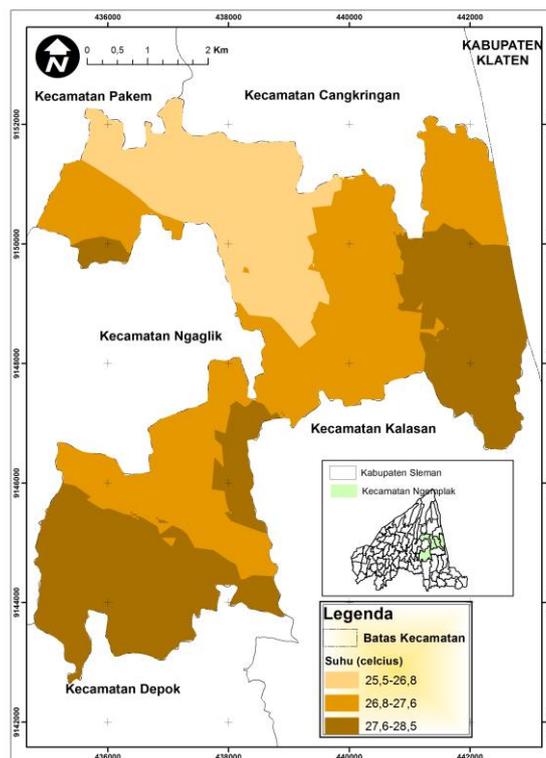
Daya hantar listrik (DHL) air tanah merupakan kemampuan air tanah untuk menghantarkan arus listrik. DHL dapat digunakan untuk mengetahui kandungan garam terlarut. Variabel DHL seringkali digunakan untuk melakukan identifikasi awal kondisi kualitas air tanah. Berdasarkan data primer yang telah dikumpulkan, nilai DHL air tanah daerah penelitian memiliki variasi mulai dari 143 hingga 520 microsiemens/cm. Informasi tematik DHL di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Informasi Tematik Daya Hantar Listrik Air Tanah di Daerah Penelitian

DHL air tanah di daerah penelitian diklasifikasi menjadi tiga kelas, yaitu kurang dari 250 microsiemens/cm, antara 250 hingga 300 microsiemens/cm, dan lebih dari 300 microsiemens/cm. DHL paling dominan berada pada kelas lebih dari 300 microsiemens/cm dengan dominasi wilayah seluas 36,1%. Wilayah ini mendominasi bagian selatan daerah penelitian. Semakin ke arah utara nilai DHL cenderung berkurang. Berdasarkan analisis data, nilai DHL air tanah pada dasarnya masih sangat baik. Nilai DHL dikatakan baik karena berada di bawah angka 750 microsiemens/cm (Sejati & Adji, 2013; Sejati, 2018).

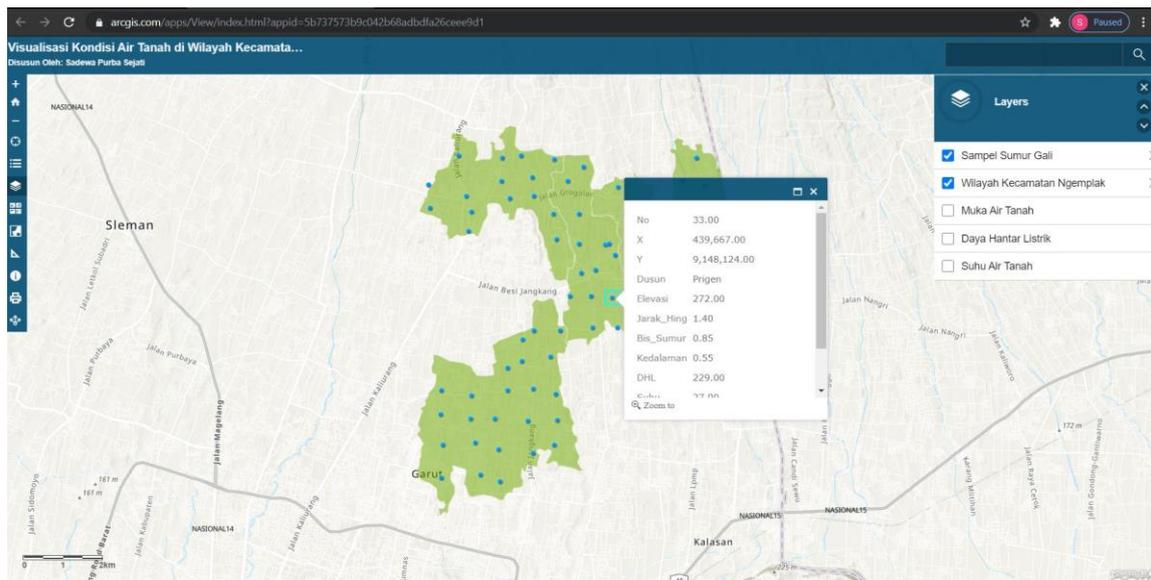
Kondisi air tanah juga diidentifikasi menggunakan data suhu air tanah. Suhu air tanah juga menjadi variabel penting untuk mengidentifikasi kondisi kualitas air tanah. Suhu air tanah di daerah penelitian bervariasi mulai dari 25 hingga 28,5^o C. Hasil interpolasi spasial suhu air tanah dapat dilihat pada Gambar 5. Secara keseluruhan suhu air tanah di daerah penelitian masih normal. Suhu air tanah menjadi indikasi bahwa kondisi kualitas air tanah di daerah penelitian masih baik dan dapat digunakan oleh penduduk. Kondisi kualitas air tanah di daerah penelitian juga diidentifikasi dengan data pendukung, meliputi warna, bau, dan rasa air tanah. Data pendukung yang telah terkumpul menunjukkan bahwa air tanah di daerah penelitian berwarna bening atau tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki rasa tawar. Keadaan tersebut semakin memperkuat bahwa kualitas air tanah masih dalam kondisi baik.



Gambar 5. Informasi Tematik Suhu Air Tanah di Dearha Penelitian

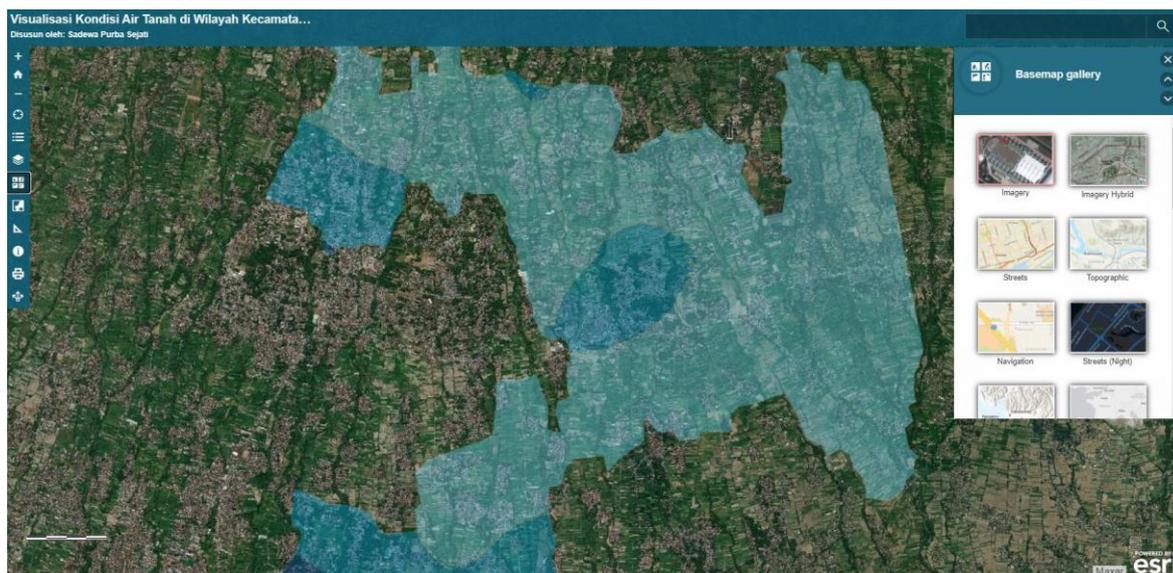
Visualisasi Kondisi Air Tanah Menggunakan SIG Berbasis Web

Informasi tematik mengenai kondisi air tanah kemudian divisualisasikan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) berbasis *web*. Rancang bangun SIG berbasis *web* dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS Online Web App Builder. Visualisasi kondisi air tanah dapat diakses melalui *link* berikut ini <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=ad1c08320ec74ff3a80f540e1deb752a>. Tampilan program dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Visualisasi Kondisi Air Tanah Menggunakan SIG Berbasis Web

Program bersifat interaktif, dalam artian pengguna dapat memilih informasi yang ingin ditampilkan. Terdapat lima informasi utama yang tersusun berbentuk *layer*. Kelima informasi tersebut merupakan informasi tematik hasil analisis perangkat lunak Arc GIS 10.6, yaitu wilayah administrasi daerah penelitian, persebaran sampel sumur galian, kondisi muka air tanah, kondisi daya hantar listrik, dan kondisi suhu air tanah. Program juga dilengkapi dengan sejumlah fitur dalam bentuk *tool bar* yang tersaji pada bagian kiri. Melalui *tool bar* pengguna dapat melakukan *zoom in* dan *zoom out*, mengubah tampilan layer, melakukan pengukuran dalam *layer*, membagikan *link*, mencetak informasi tematik. *Tool bar* dilengkapi pula dengan panduan navigasi. Panduan navigasi berguna untuk memberikan petunjuk arah ketika program dibuka di lapangan, sehingga informasi tematik yang disajikan dapat dijangkau secara nyata. Pengguna juga dapat merubah tampilan peta dasar (*base map*) untuk mendapatkan informasi yang lebih komprehensif tentang daerah penelitian. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 7. Jika pengguna akan mengaitkan variasi kedalaman muka air tanah dengan persebaran pemukiman penduduk, maka *layer* yang harus dipilih adalah informasi tematik kedalaman muka air tanah dan peta dasar *imagery*.



Gambar 7. Integrasi Informasi Tematik dengan Base Map

SIG air tanah berbasis *web* juga diuji coba menggunakan beberapa perangkat elektronik dengan variasi sistem operasi, tipe prosesor, dan *random access memory* (RAM). Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah program dapat diakses menggunakan berbagai perangkat elektronik. Spesifikasi perangkat elektronik yang digunakan dalam uji coba dipilih berdasarkan spesifikasi yang secara umum dipakai oleh banyak orang pada saat ini. Pengujian program menggunakan koneksi internet berkapasitas 9,8 Mbps. Variabel uji yang digunakan adalah kecepatan waktu untuk membuka program dan uji kestabilan untuk mengakses informasi tematik yang tersedia. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian SIG Air Tanah di Berbagai Perangkat Elektronik

Merk Produk	Sistem Operasi	Prosesor	RAM	Waktu Buka dan Keterangan
Asus ROG GL503GE	Windows Home Single Language 64 Bit	Intel Core I7	8 GB	6,6 Detik; Stabil
Apple Mac Book Air	Mac OS High Siera 64 Bit	Intel Core I5	8 GB	5, 8 Detik; Stabil
Dell Vostro 1200	Windows 7 Ultimate 32 Bit	Intel Centrino Core 2 Duo	1 GB	16,8 Detik; Stabil
HP Pavilion	Windows 10 Pro 64 Bit	Intel Celeron	4 GB	10,6 Detik; Stabil
Sony Xperia XZ1 Compact	Android 8	Snap Dragon 835	4 GB	4,6 Detik; Stabil

Hasil uji coba memperlihatkan bahwa program dapat dioperasikan menggunakan berbagai perangkat elektronik. Kemampuan perangkat elektronik untuk mengakses program sangat dipengaruhi oleh jenis prosesor dan kapasitas memori yang digunakan, meskipun demikian secara umum program dapat dibuka dalam waktu kurang dari 20 detik.

Visualisasi kondisi air tanah menggunakan SIG berbasis *web* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mendokumentasikan data yang berkaitan dengan keadaan air tanah secara keruangan dan kewilayahan. Visualisasi tersebut juga lebih menarik dan interaktif dari segi tampilan jika dibandingkan dengan visualisasi yang hanya berupa teks dan angka.

Integrasi SIG dengan *web* dalam visualisasi kondisi air tanah dapat dikatakan menghasilkan luaran yang lebih baik jika dibandingkan dengan SIG yang tidak terintegrasi dengan *web*. SIG berbasis *web* yang didukung dengan fakta bahwa saat ini *smartphone* sangat marak digunakan menyebabkan konsep *geo lokasi (geo location)* tidak hanya sekedar menjadi teori semata, tetapi dapat dipraktikkan. Sebagai contoh, program yang telah dirancang dalam penelitian ini memiliki informasi tematik (*layer*) kedalaman muka air tanah. Jika *layer* kedalaman muka air tanah divisualkan menggunakan SIG yang tidak terintegrasi dengan *web*, *layer* tersebut hanya akan menjadi peta tematik (Gambar 3) dengan format sajian berupa JPG, JPEG, PNG, ataupun format gambar lainnya. *Layer* kedalaman muka air tanah menyajikan informasi yang lebih lengkap jika divisualkan dengan SIG berbasis *web*. Lokasi- lokasi yang divisualkan pada *layer* kedalaman muka air tanah (Gambar 7) dapat dijangkau pengguna dengan mudah jika program tersebut diakses menggunakan perangkat elektronik yang memiliki komponen penerima sinyal satelit navigasi, seperti *smartphone* yang marak digunakan saat ini. Panduan navigasi pada SIG berbasis *web* juga melekat pada *layer* daya hantar listrik dan suhu air tanah. Hal itu dapat mempermudah pemantauan kondisi air tanah di daerah penelitian. Format data atau informasi kondisi air tanah yang divisualkan dengan SIG berbasis *web* juga lebih memungkinkan untuk diintegrasikan dengan berbagai macam data spasial kewilayahan dan lingkungan lainnya dengan mudah, misalnya data kependudukan, curah hujan, ketinggian tempat, penggunaan lahan sehingga kajian terhadap fenomena keruangan dan kewilayahan menjadi lebih komprehensif. Kemudahan tersebut tidak ditemukan pada luaran SIG yang hanya berupa gambar (*image*). Luarannya yang berupa *image* memerlukan proses yang lebih panjang jika akan diintegrasikan dengan data spasial lainnya.

Visualisasi kondisi air tanah menggunakan SIG berbasis *web* merupakan respon teknologi geospasial untuk menjawab tantangan era *Technology Point 4.0* dalam perencanaan wilayah dan lingkungan. Visualisasi kondisi air tanah berbasis *web* yang telah dihasilkan mengedepankan keterbukaan informasi kondisi air tanah pada akuifer tidak tertekan. Aksesibilitas yang mudah memungkinkan setiap orang dapat mengakses informasi tersebut. Bagi masyarakat umum, keterbukaan akses informasi diharapkan mampu meningkatkan literasi mengenai kondisi air tanah. Bagi dinas atau instansi terkait, rancang bangun geovisualisasi kondisi air tanah yang bersifat *distributed GIS* tersebut diharapkan mampu digunakan sebagai dasar untuk memantau gejala perubahan kondisi air tanah, menyusun strategi perencanaan wilayah dan lingkungan dengan tetap mengedepankan keberlanjutan fungsi air tanah di daerah penelitian.

Strategi Manajemen Lingkungan Berdasarkan Geovisualisasi Kondisi Air Tanah

Berdasarkan geovisualisasi yang telah dihasilkan, diketahui bahwa kondisi air tanah di daerah penelitian memiliki keragaman. Keragaman tersebut dapat dilihat berdasarkan variabel yang berupa kedalaman air tanah, daya hantar listrik, dan suhu air tanah. Heterogenitas kondisi air tanah kemudian digunakan untuk menyusun strategi manajemen lingkungan, khususnya lingkungan air tanah di daerah penelitian. Langkah tersebut perlu dilakukan, mengingat daerah penelitian merupakan wilayah yang sangat mungkin mengalami dinamika perubahan penggunaan lahan akibat pembangunan (Sejati, 2021) juga dinamika aktivitas penduduk yang berpotensi menyebabkan gangguan terhadap air tanah (Neritarani & Sejati, 2021). Strategi yang dikemukakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menjaga kelestarian fungsi air tanah di tengah pembangunan, perubahan penggunaan

lahan, dan dinamika aktivitas penduduk. Rumusan strategi disusun menggunakan matriks SWOT. Komponen yang digunakan untuk mengidentifikasi variabel *strength* (S), *weakness* (W), *opportunity* (O), dan *threats* (T) diambil dari hasil geovisualisasi kondisi air tanah dan penjelasan deskriptif penguat temuan penelitian yang telah dikemukakan pada bahasan sebelumnya. Rumusan strategi manajemen lingkungan berdasarkan matriks SWOT dapat dilihat pada Gambar 8.

	Strength (S)	Weakness (W)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sebagian daerah penelitian memiliki kedalaman air tanah dangkal hingga sedang (kurang dari 7 meter). 2. Kualitas air tanah berada dalam kondisi baik berdasarkan variabel daya hantar listrik, suhu, warna, bau, dan rasa air tanah. 3. Akuifer tidak tertekan mampu menampung dan mengalirkan air tanah dengan sangat baik. 4. Iklim mikro memiliki indeks C dengan kondisi agak basah. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sebagian daerah penelitian air tanahnya dalam (lebih dari 7 meter). 2. Penduduk masih sangat bergantung pada air tanah sebagai sumber air bersih. 3. Material penyusun lapisan akuifer bebas bersifat <i>unconsolidated</i>, sehingga interaksi antara polutan atau limbah cair dengan air tanah mudah terjadi.
Opportunity (O)	Strategi S-O	Strategi W-O
<ol style="list-style-type: none"> 1. Air tanah mudah diakses sebagai sumber pemenuhan kebutuhan domestik. 2. Air hujan dapat digunakan sebagai imbuhan air tanah. 3. Air hujan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber air bersih selain air tanah. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aksesibilitas terhadap air tanah untuk wilayah yang akan dikembangkan di zona kedalaman air tanah kurang dari 3 meter dapat melalui sumur gali. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aksesibilitas terhadap air tanah untuk wilayah yang akan dikembangkan di zona kedalaman air tanah lebih dari 7 meter dapat melalui sumur bor. 2. Pemanfaatan air hujan sebagai alternatif sumber air bersih. 3. Pemantauan kualitas air tanah secara berkala.
Threats (T)	Strategi S-T	Strategi W-T
<ol style="list-style-type: none"> 1. Perubahan penggunaan lahan dari non terbangun menjadi terbangun berpotensi mengurangi resapan air yang kemudian berpengaruh terhadap penurunan kuantitas air tanah. 2. Dinamika kepadatan penduduk berpotensi menyebabkan eksploitasi air tanah. 3. Aktivitas penduduk berpotensi menyebabkan pencemaran air tanah. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembuatan resapan air untuk wilayah yang akan dikembangkan menjadi lahan terbangun. 2. Pemanfaatan air hujan sebagai alternatif sumber air bersih. 3. Pemantauan kualitas air tanah secara berkala. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pembuatan resapan air untuk wilayah yang akan dikembangkan menjadi lahan terbangun. 2. Sosialisasi dan pelatihan tentang pemanenan air hujan (<i>rain water harvesting</i>). 3. Sosialisasi dan edukasi mengenai pencemaran air tanah dan upaya penanggulangannya.

Gambar 8. Matriks Strategi Manajemen Lingkungan Air Tanah di Daerah Penelitian

Agar air tanah di daerah penelitian tetap berfungsi secara berkelanjutan di tengah dinamika perubahan penggunaan lahan, pembangunan, dan aktivitas penduduk, maka strategi yang tersaji pada Gambar 8 dapat dikategorikan menjadi tiga bagian utama, yaitu strategi aksesibilitas terhadap air tanah, strategi untuk menjaga kuantitas air tanah, dan strategi untuk menjaga kualitas air tanah. Strategi aksesibilitas terhadap air tanah diimplementasikan untuk mengidentifikasi wilayah berdasarkan kedalaman air tanahnya. Sehingga ketika wilayah tersebut akan dikembangkan, metode yang akan digunakan untuk mengakses air tanah dapat ditentukan, misalnya apakah air tanah akan diakses menggunakan sumur gali atau menggunakan sumur bor. Kuantitas air tanah perlu dipertahankan untuk meminimalisir terjadinya kelangkaan air tanah. Strategi yang dapat diimplementasikan untuk menjaga kuantitas air tanah adalah dengan memanfaatkan air hujan sebagai alternatif sumber air bersih. Ketergantungan terhadap penggunaan air tanah dapat diatasi menggunakan air hujan yang dipanen, misalnya dengan memanfaatkan atap-atap bangunan melalui teknik pemanenan air hujan. Pembuatan resapan air pada wilayah yang telah terbangun atau yang akan dikembangkan menjadi wilayah terbangun perlu dilakukan agar air tanah tetap mendapatkan imbuhan dari air hujan melalui proses infiltrasi dan perkolasi. Pemantauan kedalaman air tanah juga perlu dilakukan secara berkala untuk mengidentifikasi perubahan kuantitas air tanah. Aspek kualitas air menjadi bagian yang tidak kalah penting. Kualitas air tanah menjadi kunci untuk menentukan kelayakan sumber daya air tanah jika akan digunakan untuk kebutuhan tertentu, misalnya untuk kebutuhan domestik. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa daerah penelitian memiliki potensi pencemaran air tanah yang tinggi (Sejati, 2020). Tingginya potensi pencemaran air tanah di

daerah penelitian disebabkan karena lapisan akuifer bebas terusun oleh material alami yang bersifat lepas- lepas (*unconsolidated*), seperti pasir kasar, pasir halus, dan pasir sedang (Sejati & Saputra, 2022). Keberadaan material tersebut di satu sisi memang memiliki dampak positif jika dikaitkan dengan peresapan air hujan, namun di sisi lain memiliki dampak negatif. Polutan cair hasil samping dari aktivitas penduduk sangat mungkin mengalami infiltrasi dan perkolasi mencapai zona jenuh air yang pada akhirnya mengakibatkan pencemaran air tanah. Pencemaran air tanah dapat diantisipasi melalui strategi pemantauan kualitas air tanah secara berkala. Sosialisasi dan edukasi penduduk terhadap pencemaran air tanah dan upaya antisipasinya juga perlu dilakukan.

Kesimpulan

Informasi kondisi air tanah di wilayah administrasi Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman dapat divisualkan dengan baik menggunakan SIG berbasis *web*. Luaran yang dihasilkan oleh SIG berbasis *web* memiliki berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan luaran SIG yang tidak terintegrasi dengan *web*. Keunggulan yang ditemukan diantaranya adalah luaran dapat digunakan sebagai panduan navigasi secara langsung ketika dioperasikan di lapangan, sehingga informasi tematik hasil penelitian dapat dijangkau secara nyata. Visualisasi yang dihasilkan juga mampu diintegrasikan dengan beragam data geospasial secara mudah. Proses *georeferencing* yang biasanya diterapkan pada peta cetak (hasil luaran SIG yang tidak terintegrasi dengan *web*) tidak perlu dilakukan, karena pada dasarnya informasi yang divisualkan sudah memiliki koordinat atau titik ikat. Hasil kajian menunjukkan bahwa program tersebut kompatibel dengan berbagai macam perangkat elektronik yang ada saat ini. Aksesibilitas terhadap program sangat bergantung pada jenis prosesor yang digunakan, kapasitas *random access memory* (RAM), dan koneksi internet. Visualisasi kondisi air tanah yang disajikan dalam penelitian ini masih berupa dua dimensi (2D) dengan variabel informasi tematik kedalaman muka air tanah, suhu, air tanah, daya hantar listrik, bau, rasa, warna, dan lokasi pengampilan sampel. Kajian penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambah variabel kondisi air tanah yang akan divisualisasikan, seperti arah aliran air tanah, potensi pencemaran air tanah, konduktivitas hidrolik air tanah, dan kemiringan hidrolik air tanah. Visualisasi dengan tampilan 3D perlu juga dimasukkan dalam pengembangan kajian ini. Penelitian ini juga menghasilkan rumusan strategi manajemen lingkungan air tanah di Kecamatan Ngemplak yang belum pernah dikemukakan pada penelitian terdahulu. Visualisasi kondisi air tanah pada akuifer tertekan dijadikan sebagai dasar penyusunan strategi manajemen lingkungan, khususnya lingkungan air tanah. Rumusan strategi manajemen lingkungan air tanah yang telah dicapai dalam penelitian ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu strategi aksesibilitas air tanah, strategi untuk menjaga kuantitas air tanah, dan strategi untuk menjaga kualitas air tanah. Manajemen lingkungan air tanah disusun agar air tanah tetap memiliki fungsi yang berkelanjutan di tengah perubahan penggunaan lahan, pembangunan, dan keragaman aktivitas penduduk.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Amikom Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan artikel ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada segenap warga

masyarakat di wilayah Kecamatan Ngemplak Kabupaten Sleman yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengumpulkan data kondisi air tanah.

Daftar Pustaka

- Arulbalaji, P., Padmalal, D., & Sreelash, K. (2019). GIS and AHP techniques based delineation of groundwater potential zones: A case study from Southern Western Ghats, India. *Scientific Reports*, 9(1), 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38567-x>
- Duarte, L., & Marques, J. E. (2019). An open source GIS-based application for the assessment of groundwater vulnerability to pollution. *Environments*, 6(86), 1–20.
- Jumadi, J., & Priyana, Y. (2016). Development and evaluation of web GIS application for groundwater management of Karanganyar Regency. *Forum Geografi*, 29(2), 165. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23917/forgeo.v29i2.1482>
- Longley, P. A., Goddchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems*. New Jersey: John Wiley and Son Inc.
- Neritarani, R., & Sejati, S. P. (2021). The impact of rapid urban growth on potential groundwater pollution in Ngemplak Sub-District, Sleman District. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(2), 198–212. Retrieved from <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jwl/article/view/10140>
- Purnama, I. L. S. (2019). *Ketersediaan dan kualitas air tanah pada akuifer tidak tertekan di Kecamatan Jawilan dan Kopo, Kabupaten Serang*. 33(1), 16–25. <https://doi.org/10.22146/mgi.38813>
- Riasasi, W., & Sejati, S. P. (2019). Potential of groundwater to supply domestic water necessity in evacuation shelters of Merapi Volcano Eruption. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 271, 1–11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/271/1/012014>
- Rossetto, R., Filippis, G. De, Borsi, I., Foglia, L., & Cannata, M. (2018). Environmental modelling & software integrating free and open source tools and distributed modelling codes in GIS environment for data-based groundwater management. *Environmental Modelling and Software*, 107(May), 210–230. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.06.007>
- Sejati, S.P. (2019). Perbandingan akurasi metode idw dan kriging dalam pemetaan muka air tanah. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(2), 49–57. <https://doi.org/10.22146/mgi.41473>
- Sejati, S.P. (2020). Potensi pencemaran air tanah bebas pada sebagian kawasan resapan air di Lereng Selatan Gunung Api Merapi. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, Dan Praktik Dalam Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 25(01), 25–38. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17977/um017v25i12020p025>
- Sejati, S.P., & Adji, T. N. (2013). *Kajian potensi airtanah di Lereng Selatan Gunungapi Merapi untuk mencukupi kebutuhan domestik pada hunian sementara*. Universitas Gadjah Mada.
- Sejati, S.P., & Saputra, A. (2022). Analysis of potential groundwater pollution in unconfined aquifer in colluvial footslopes and alluvial plains of the pesing watershed using integra of GOD and GIS web based methods. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(1), 44–54.
- Sejati, Sadewa Purba. (2017). Karakteristik sumber daya airtanah dangkal di Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 166–177. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12903>
- Sejati, Sadewa Purba. (2019). Pemantauan kualitas airtanah bebas berbasis partisipasi masyarakat pada sebagian kawasan resapan air di lereng selatan Gunungapi merapi. *Seminar Hasil Pengabdian Masyarakat Universitas Amikom Yogyakarta*, (November), 343–348. Yogyakarta: Universitas Amikom Yogyakarta.
- Sejati, Sadewa Purba. (2021). Tingkat fluktuasi air tanah pada jangka pendek di Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 121–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.29122/jtl.v22i1.3985><https://doi.org/10.29122/jtl.v22i1.3985>
- Setyaningrum, N., & Prasetya, G. A. (2017). Analisis ketersediaan dan kebutuhan air untuk daya dukung

16 Geovisualisasi Kondisi Air Tanah pada Akuifer Tidak Tertekan...

lingkungan (studi kasus di Kabupaten Bojonegoro). *Seminar Nasional Geomatika: Inovasi Teknologi Penyediaan Informasi Geospasial Untuk Pembangunan Berkelanjutan*, 155–164.

Skoulidakis, C., Ganoulis, J., Karapetsas, N., Katsogiannos, F., & Zalidis, G. (2014). Cooperative webGIS interactive information systems for water resources data management. *Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions, 2014*(October), 342–347. Montpellier: International Association of Hydrological Sciences.

Sudarmadji. (2013). *Pengelolaan sumberdaya airtanah terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sutardi, A., Suprayogi, S., Adji, N., Mlati, S. M. A. N. I., Yogyakarta, S., Geografi, F., & Mada, U. G. (2017). Kajian kualitas airtanah bebas antara sungai kuning dan sungai tepus di Kecamatan Ngemplak , Yogyakarta , Indonesia. *Majalah Geografi I*, 31(1), 31–38.

Veenendaal, B. (2015). Developing a map use model for web mapping and GIS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (July), 1–3. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-4-W7-31-2015>

Velasco, V., Nardi, A., Vries, L. M. De, Riera, C., Scheiber, L., Jurado, A., ... Rossetto, R. (2019). Computers and geosciences akvaGIS: An open source tool for water quantity and quality management Rotman Criollo. *Computers and Geosciences*, 127(December 2017), 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2018.10.012>