

Hidrogeomorfologi mata air sebagian kompleks Vulkan Stratocone Andong-Telomoyo-Gilipetung Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah

Bagus Tegar Sakti Prakosa* dan Suhadi Purwantara

Departemen Pendidikan Geografi, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

(*)corresponding author: bagustegar.2021@student.uny.ac.id

Submitted	: 20 April 2025
Accepted	: 31 July 2025
Published online	: 14 August 2025

Abstrak

Potensi sumber daya mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung perlu dilestarikan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk: menganalisis pola sebaran mata air, mendeskripsikan kualitas dan kuantitas mata air, dan menganalisis ketersediaan air terhadap pemenuhan kebutuhan domestik dan pariwisata. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif eksploratif. Data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan populasi dimana seluruh mata air sejumlah 31 titik mata air. Variabel pada penelitian ini adalah sebaran mata air, kualitas dan kuantitas mata air serta kebutuhan domestik dan pariwisata. Data dikumpulkan dengan metode observasi dan dokumentasi. Analisis data dilakukan menggunakan metode analisis dekriptif, SIG dan statistik. Hasil penelitian ini menunjukkan sebaran mata air pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki pola sebaran mengelompok (*clustered*) pada lereng vulkan dan kaki vulkan yang masuk dalam segmen tekuk lereng (*break of slope*). Kondisi kualitas air menunjukkan kondisi yang layak untuk dimanfaatkan oleh masyarakat pada parameter pH, Suhu, *Electric Conductivity* (EC) dan *Total Dissolved Solids* (TDS) dan kuantitas mata air berkisar pada rentang kelas debit III (100 – 1000 liter/detik) hingga kelas VII (0,01 – 0,1 liter/detik). Ketersediaan air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung sejumlah 32.397.532 liter/hari, mampu mengakomodir kebutuhan masyarakat untuk kebutuhan air domestik dengan jumlah penduduk 140.052 jiwa dan mampu dimanfaatkan untuk sektor pariwisata dengan rata-rata kunjungan wisata 1.184 wisatawan/hari.

Kata Kunci: Hidrogeomorfologi; Mata Air; Kebutuhan Air; Kompleks Vulkan; Andong-Telomoyo-Gilipetung

Pendahuluan

Indonesia terletak pada rangkaian pegunungan aktif dunia yang disebut cincin api (*ring of fire*) dimana dengan kondisi tersebut maka menjadikan Indonesia sebagai negara dengan keberadaan gunung berapi terbanyak di dunia (Rijanta et al., 2014). Berkaitan dengan keberadaan gunung berapi atau bentuklahan vulkan, daerah tersebut merupakan daerah dengan potensi keberadaan mata air yang tinggi (Ervin et al., 2022), dimana dipengaruhi oleh karakteristik material penyusunnya berupa material piroklastik dan batuan padu (Ashari & Widodo, 2019). Potensi

sumber daya air berasal dari mata air dan sungai pada sistem daerah aliran sungai (DAS) dimana pegunungan sebagai batasnya. Potensi sumber mata air dan sungai utamanya berada pada kawasan hulu yang terletak di lereng pegunungan. Potensi keberadaan mata air ini perlu dilestarikan guna mendukung pembangunan yang berkelanjutan (Ashari & Widodo, 2019). Sumber daya air dikategorikan menjadi sumber daya air permukaan bumi sebagai sungai dan bawah permukaan bumi sebagai mata air. Keberadaan airtanah merupakan suatu sumber daya alam utama sebagai pendukung kehidupan, oleh karena itu potensi dari keberadaan sumberdaya air khususnya mata air perlu diidentifikasi. Keberadaan air ditinjau dari dua aspek yakni kualitas dan kuantitasnya. Distribusi mata air antar berbagai bentuk lahan dapat memiliki kualitas dan kuantitas yang berbeda, hal ini dipengaruhi oleh kondisi geomorfologisnya sebagai faktor penentu karakteristik akuifer.

Kebutuhan sumber daya air di wilayah vulkanik sebagian besar dipenuhi oleh mata air. Studi yang dilakukan oleh Ratih et al. (2018); Ashari & Widodo (2019); Wardoyo & Khotimah (2021); Ervin et al. (2022) mengenai hidrogeomorfologi mata air, menunjukkan bahwa masyarakat vulkanik memang bergantung pada mata air untuk mencukupi kebutuhan hidupnya. Sumber mata air di daerah vulkanik sendiri sangat bervariasi dan sangat bergantung pada faktor geomorfologis sebagai penentu. Morfologi vulkanik juga berpotensi mendorong terbentuknya hujan orografis yang menjadikan wilayah ini mempunyai curah hujan yang relatif lebih tinggi. Pada bentuklahan vulkanik yang memiliki potensi sumber daya air yang tinggi, biasanya ditandai dengan munculnya sabuk mata air (*spring*) di sepanjang tekuk lereng (*break of slope*) pada satuan lereng kaki vulkanik (Santosa, 2006). Pada vulkan stratovulkano di celah Selo menunjukkan jenis sebaran mata air seragam (Wardoyo & Khotimah, 2021), pada vulkan stratovulkano barat daya Gunung Merbabu menunjukkan jenis sebaran mata air berkelompok (Ashari & Widodo, 2019), dan pada paleovulkan Gajah dan Menoreh menunjukkan tipe karakteristik sebaran mata air berkelompok (Salsabila et al., 2022). Berdasarkan studi yang sudah dilakukan maka menunjukkan bahwa potensi sumber daya air sangat tinggi namun perlu dikelola dengan baik untuk mencukupi kebutuhan mata air tersebut.

Ashari dan Purwantara (2022) menjelaskan bahwa di Indonesia terdapat berbagai jenis vulkanik antara lain stratovulkano, kaldera, depresi vulkanik tektonik serta Kompleks Vulkanik dengan morfologi stratocone yang berukuran kecil. Sementara itu, studi mengenai hidrogeomorfologi mata air vulkanik berjenis Kompleks Vulkanik stratocone belum dilakukan sehingga studi ini perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana pola persebaran dan karakteristik mata air di Kompleks Vulkanik stratocone Andong-Telomoyo-Gilipetung. Kompleks Vulkanik Andong-Telomoyo-Gilipetung berada pada pertemuan tiga kabupaten yaitu Kabupaten Magelang, Kabupaten Temanggung dan Kabupaten Semarang. Bagian wilayah yang termasuk ke dalam administrasi Kabupaten Magelang yaitu Kecamatan Grabag dan Kecamatan Ngablak.

Pada tahun 2020, Kecamatan Grabag dan Kecamatan Ngablak ditempati oleh penduduk sejumlah 134.419 jiwa, pada tahun 2021 sejumlah 138.342 jiwa dan pada tahun 2022 sejumlah 138.550 jiwa hingga pada tahun 2023 menjadi sejumlah 140.051 jiwa (BPS, 2024). Selain itu, Gunung Andong-Telomoyo-Gilipetung juga merupakan daerah tujuan wisata alam seperti gardu pandang di Gunung Telomoyo dan wisata pendakian Gunung Andong. Kegiatan pariwisata di Gunung Telomoyo dan Gunung Andong memiliki intensitas yang cukup tinggi yakni sekitar 10.000 pengunjung setiap minggunya. Dengan jumlah penduduk yang relatif besar dan aktivitas pariwisata yang tinggi, maka kebutuhan akan ketersediaan air juga tinggi. Untuk mendukung pemenuhan ketersediaan air tersebut, maka kajian akan mengidentifikasi dan informasi mengenai sumber daya air perlu dilakukan. Dengan kondisi vulkanik yang telah beberapa kali mengalami perubahan akibat dari proses denudasi dan erupsi, serta pengaruh dari proses endogen dan eksogen (Setyaningsih & Sholeh, 2010), perlu diketahui bagaimana distribusi sebaran dan karakteristik mata air yang ada pada vulkanik tersebut.

Kajian hidrogeomorfologi bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh kondisi geomorfologi terhadap karakteristik hidrologi di permukaan bumi. Kajian hidrogeomorfologi mata air dipilih untuk mengetahui bagaimana kondisi geomorfologi Kompleks Vulkan stratocone Andong-Telomoyo-Gilipetung. Wilayah penelitian dibatasi menggunakan aspek geomorfologis yakni daerah yang masuk ke dalam segmen atau tubuh vulkan dari ketiga vulkan tersebut. Batas wilayah secara administratif digunakan untuk mengeliminasi area kompleks vulkan yang sudah tidak pada daerah administrasi Kabupaten Magelang. Gunung Andong-Telomoyo-Gilipetung berada dalam suatu Kompleks Vulkan yang berada di Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Proses geomorfologi yang berlangsung di Kompleks Vulkan tersebut adalah proses endogen dan eksogen (Setyaningsih & Sholeh, 2010). Proses endogen terutama dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik yang terjadi dari Pleistosen (± 3 juta tahun yang lalu) hingga Holosen ($\pm 0,1$ juta tahun yang lalu). Proses geomorfologi yang terjadi akibat struktur geologi sulit dikenali di lapangan karena indikasi sesar tidak dapat dijumpai akibat pengaruh tenaga eksogen. Di daerah beriklim tropis seperti di Indonesia proses eksogen sangat intensif karena adanya pengaruh iklim yang sangat dominan.

Metode

Pengumpulan dan analisis data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif. Metode deskriptif digunakan untuk mengungkapkan masalah atau keadaan sebagaimana adanya dan mengungkapkan fakta-fakta yang ada serta diberikan interpretasi atau analisis (Tika, 2005). Metode eksploratif digunakan untuk mencari hubungan sebab-akibat terhadap fenomena tertentu, lebih rincinya penelitian ini menekankan pada karakteristik mata air pada Kompleks Vulkan stratocone Andong-Telomoyo-Gilipetung. Penelitian ini juga menggunakan pendekatan geografi yaitu pendekatan kelingkungan. Pendekatan kelingkungan digunakan untuk mengetahui hubungan antargejala, dimana bentanglahan Kompleks Vulkan memiliki keterkaitan gejala dengan karakteristik mata air, terutama pola persebaran, kuantitas dan kualitas mata air serta aktivitas manusia. Gunardo (2014) menjelaskan bahwa pendekatan kelingkungan menyangkut pada analisis yang berkaitan dengan variabel lingkungan dan variabel manusia. Selain pendekatan kelingkungan, tema-tema geografi khususnya location, place dan region juga digunakan dalam pembahasan untuk menunjukkan pola persebaran mata air dan korelasi kondisi geomorfologi terhadap persebaran mata air.

Teknik pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dan dokumentasi. Teknik pengumpulan data observasi digunakan untuk mendapatkan data titik dan ketinggian mata air dengan bantuan aplikasi AVENZA, untuk mendapatkan data kualitas mata air menggunakan alat Multiparameter Probe (HI 767982) yang terdiri dari parameter *Total Dissolve Solid* (TDS), *Electric Conductivity* (EC), pH, temperatur dan pengumpulan data kuantitas air (debit) menggunakan metode volumetrik. Metode pengumpulan data dokumentasi digunakan untuk pengamatan kondisi fisik lingkungan pada area mata air. Selain menggunakan kamera untuk dokumentasi langsung di lapangan, dokumentasi pada penelitian ini juga memanfaatkan Peta Geologi dan Peta Rupa Bumi Indonesia. Lembar wilayah peta yang digunakan yaitu, (1) Peta Geologi Lembar Magelang, Jawa Tengah; (2) Peta Rupa Bumi Indonesia: Lembar 1408-521 Tegalrejo, 1408-522 Ngablak, 1408-523 Grabag, 1408-524 Ambarawa. Dokumentasi juga digunakan untuk memperoleh data sekunder sebagai data pendukung serta bahan korelasi dengan hasil penelitian.

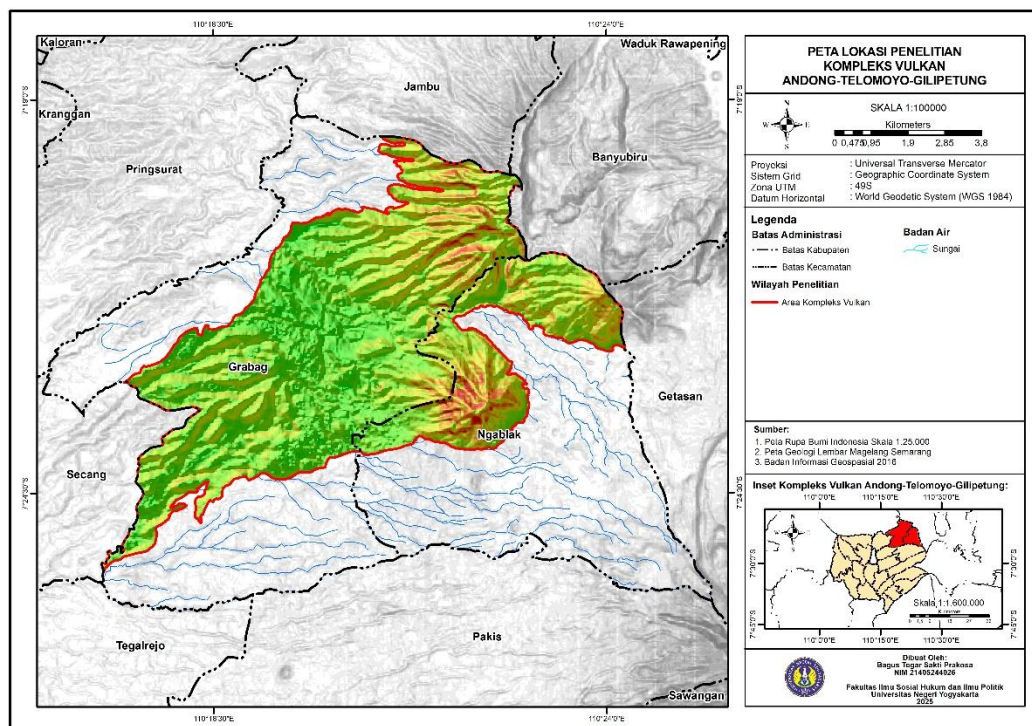
Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif, analisis SIG, analisis statistik dan analisis pencocokan (*matching*). Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan kondisi hidrogeomorfologi antar ketiga vulkan yakni Andong-Telomoyo-Gilipetung. Analisis SIG pada penelitian ini menggunakan metode *average nearest neighbour* yang menghasilkan skor Z, menunjukkan kemungkinan bahwa pola tersebut merupakan hasil dari

peluang acak (Chang, 2018). Maka dari itu, analisis *nearest neighbour* digunakan untuk mengetahui pola persebaran mata air pada Kompleks Vulkan Stratocone Andong-Telomoyo-Gilipetung. Analisis statistik menggunakan analisis regresi yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variabel kualitas air yang saling berkaitan (Lindley, 1987), antara lain pengaruh suhu air terhadap total dissolved solids, suhu terhadap EC, TDS terhadap EC, termasuk pengaruh ketinggian tempat terhadap suhu air. Analisis pencocokan digunakan untuk mengelaborasi hasil pengamatan kondisi mata air, debit mata air dan kualitas air mata air dengan di cocokan dengan kriteria klasifikasi tipe mata air, sehingga bisa diketahui karakteristik mata air pada Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung. Analisis pencocokan ini juga digunakan untuk mengetahui kondisi ketersediaan air pada hasil perhitungan yang dibandingkan dengan standar kebutuhan air untuk domestik dan pariwisata yang ada pada SNI Nomor 19-6728.1-2002.

Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada sebagian Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung Kabupaten Magelang. Sementara untuk istilah lokasi sebagian Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung Kabupaten Magelang dibatasi oleh wilayah Kompleks Vulkan yang masuk ke dalam daerah administratif Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1).

Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung secara proses geomorfologis adalah proses endogen dan eksogen. Proses endogen terutama dipengaruhi oleh aktifitas vulkanik yang terjadi dari Pleistosen (± 3 juta tahun yang lalu) hingga Holosen ($\pm 0,1$ juta tahun yang lalu). Proses geomorfologi yang terjadi akibat struktur geologi sulit dikenali di lapangan karena indikasi sesar tidak dapat dijumpai akibat pengaruh tenaga eksogen. Kondisi topografi di area ini menunjukkan variasi ketinggian mulai dari 400 mdpl hingga ketinggian lebih dari 1000 mdpl. Morfologi keseluruhannya adalah berupa pegunungan yang mengelilingi lembah di tengahnya yang diapit Gunung Andong, Gunung Telomoyo dan Gunung Gilipetung. Kompleks Vulkan memiliki oleh material batuan andesit dan breksi kemudian di area lembah terdapat penumpukan material akibat dari peristiwa erosi dan erupsi dari vulkan Merbabu sehingga memungkinkan terjadinya kontak.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo- Gilipetung

Kondisi hidrologi permukaan pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung dicirikan oleh alur-alur sungai berpola dendritik yang terdiri dari *perennial* dan *intermittent*. Alur-alur sungai ini berupa torehan-torehan yang terbentuk dari hasil pendalaman lembah yang menandakan bahwa proses denudasi lebih intensif. Kondisi ini sangat jelas karena pada kawasan ini aktivitas vulkanik sudah terhenti dalam waktu yang sangat lama, hal ini sesuai dengan pernyataan Setyaningsih & Sholeh (2010) dimana area Kompleks Vulkan ini terpengaruh oleh proses endogen hasil dari aktivitas vulkanik pada masa Pleistosen dan eksogen yang merupakan hasil dari pengaruh oleh iklim yang intensif. Keberadaan air tanah sangat berkaitan erat dengan karakteristik geologis suatu wilayah. Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung terdiri dari Formasi Merbabu, Formasi Telomoyo, Formasi Andong-Kancil dan Formasi Gilipetung. Formasi Merbabu merupakan formasi berumur Holosen dan sisanya berumur Pleistosen (Thanden et al., 1996). Karakteristik ini mempengaruhi kondisi air tanah terutama pada area lembah Kompleks Vulkan ini dimana menurut visualisasi Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang (Thanden et al., 1996), dengan kondisi satuan batuan Formasi Merbabu yang menutupi Formasi Andong-Kancil dan Formasi Gilipetung dibawahnya memungkinkan terjadinya permunculan mata air berjenis kontak. Mata air kontak terjadi akibat dari material yang lulus air terletak di atas material yang kedap air sehingga (Santosa, 2006), sehingga memungkinkan terjadinya permunculan mata air. Selain permunculan mata air kontak (*contact spring*), kondisi topografi area vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung yang beragam juga memungkinkan terjadinya perpotongan muka air tanah oleh topografi sehingga terjadi permunculan mata air depresi (*depression spring*).

Hasil

Distribusi pola sebaran mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

Hasil observasi lapangan memperoleh temuan 31 mata air. Mata air secara keseluruhan tersebar merata baik di vulkan Andong, Telomoyo, Gilipetung maupun daerah lembah pertemuan ketiga vulkan tersebut. Secara umum pola pemunculan mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung disebabkan terpotongnya muka air tanah oleh topografi sehingga muncul mata air depresi (*depression springs*), secara umum terdapat 20 mata air yang dengan tipe ini dan hanya 11 mata air yang merupakan mata air kontak (*contact springs*) yang dicirikan dengan pemunculan mata air pada formasi batuan permeabel berada di atas formasi yang impermeabel yang memotong permukaan tanah. Area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung apabila dilihat dari Peta Geologi Lembar Magelang-Semarang (Thanden et al., 1996) tidak terdapat struktur sesar yang berasosiasi atau berdekatan dengan daerah penelitian sehingga permunculan mata air dengan tipe rekahan (*fault spring*) jarang dijumpai.

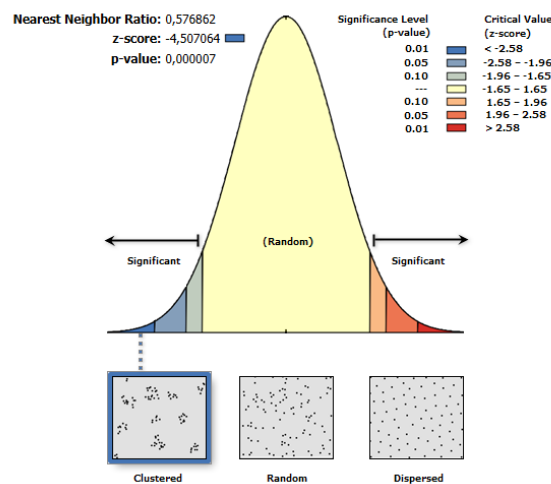
Permunculan mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung dijumpai pada kemiringan lereng yang beragam. Lokasi permunculan mata air yang paling banyak dijumpai adalah pada kondisi daerah dengan kemiringan lereng 15 – 25% atau pada daerah dengan klasifikasi lereng agak curam dengan jumlah sebelas mata air. Mata air dengan kemiringan lereng agak curam ini dijumpai pada vulkan Andong, Telomoyo maupun Gilipetung. Lokasi permunculan mata air berdasarkan kemiringan lerengnya paling sedikit dijumpai pada kemiringan >45% dengan klasifikasi sangat curam sejumlah tiga mata air, ketiga mata air tersebut secara fisik terdapat pada Vulkan Telomoyo. Lokasi permunculan mata air berdasarkan kemiringan lereng sisanya adalah pada kemiringan datar sejumlah tujuh mata air yang tersebar di Vulkan Gilipetung dan lembah Vulkan Andong, kemiringan lereng landai sejumlah empat mata air dijumpai pada area Vulkan Gilipetung dan yang terakhir pada kemiringan lereng curam sejumlah enam mata air (Tabel 1).

Tabel 1. Kemiringan lereng pada lokasi permunculan mata air Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

Kemiringan		Jumlah Mata Air
Persen	Klasifikasi	
0 – 8%	Datar	7
8 – 15%	Landai	4
15 – 25%	Agak Curam	11
25 – 45%	Curam	6
>45%	Sangat Curam	3

Sumber: (Hasil analisis, 2025)

Lokasi permunculan mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung tidak menunjukkan keberadaan pola sebaran mata air yang biasa membentuk sabuk mata air (*spring belt*). Hasil analisis nearest neighbour pada seluruh titik mata air menghasilkan nilai z-score sebesar 4,50 dengan p-value 0,000007 (Gambar 2). Nilai z-score tersebut menunjukkan bahwa persebaran mata air di seluruh daerah penelitian berpola mengelompok (*clustered*).



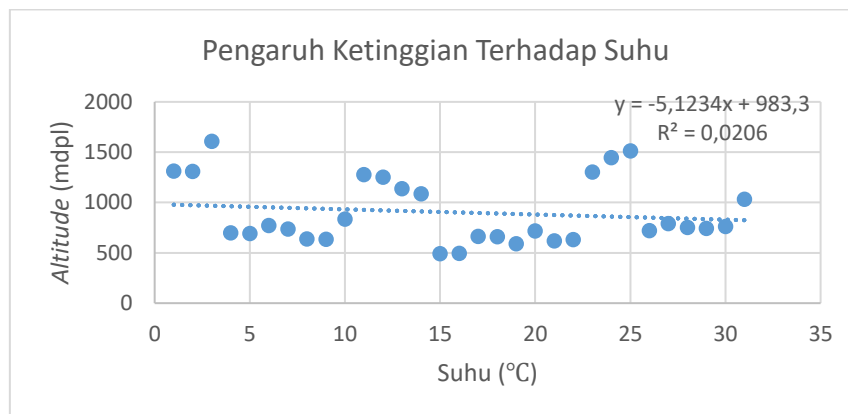
Gambar 2. Hasil analisis sebaran mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

Secara geomorfologis lokasi permunculan mata air dapat dibedakan berdasarkan jenis *landform* tempat mata air tersebut berada. Lokasi permunculan mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung sebagian besar didominasi pada *landform* upperslope dengan jumlah titik permunculan mata air yakni 16 titik. Kemudian lokasi permunculan mata air pada *landform* lowerslope sejumlah 10 titik dan sisanya berada pada *landform* footslope sejumlah 5 titik mata air.

Kondisi kualitas dan kuantitas mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

Pengukuran kualitas mata air dalam penelitian kali ini menggunakan empat parameter kualitas air yaitu suhu air, total dissolved solid (TDS), pH, dan electric conductivity (EC). Hasil pengukuran masing-masing parameter di area Kompleks Vulkan Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung dijelaskan sebagai berikut. Suhu air tertinggi sebesar 28,05°C dijumpai di mata air Cokro pada area Vulkan Gilipetung. Suhu terendah mata air terletak pada mata air Telomoyo 2 di area Vulkan Telomoyo dengan suhu 20,17°C. Kedua mata air tersebut berdasarkan klasifikasi suhunya merupakan mata air dengan tipe hypothermal springs. Kondisi rata-rata suhu mata air di area Kompleks Vulkan Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung adalah 24,90°C. Hasil pengujian hubungan antara ketinggian lokasi mata air dengan suhu air di seluruh daerah penelitian menunjukkan bahwa

ketinggian lokasi tidak berpengaruh terhadap suhu air dimana nilai R^2 sangat kecil yakni 0,0206 (Gambar 3).



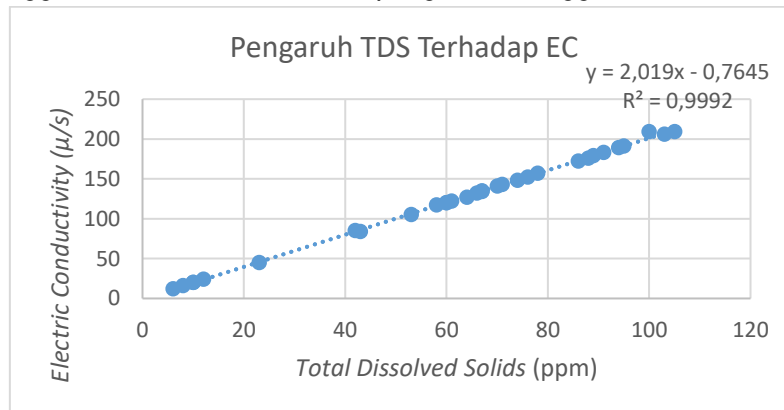
Gambar 3. Pengaruh ketinggian terhadap suhu mata air

Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa pH air mata air di daerah penelitian berkisar antara 6 hingga 8. Kondisi tersebut dapat menunjukkan bahwa kualitas mata air berdasarkan pH nya mampu mengakomodir untuk dikonsumsi sebagai air minum. Berdasarkan klasifikasi mata air menurut pHnya, sebanyak 28 atau hampir keseluruhan mata air yang dijumpai pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung merupakan mata air bertipe neutral springs dengan kisaran nilai pH 6 – 7,5 dan 3 mata air lainnya bertipe weak alkaline springs dengan nilai pH 7,5 – 9. Kategori neutral springs ini bisa menjadi sumber air untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, terutama untuk kebutuhan air minum. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, kadar pH air yang diperbolehkan untuk dikonsumsi adalah rentang pH 6,5 - 8,5. Sementara untuk kategori weak alkaline springs menunjukkan nilai pH yang masih sedikit diatas normal. Dirisu et al. (2016) menjelaskan bahwa kondisi basa air tidak terlalu berdampak pada kesehatan akan tetapi berpengaruh terhadap rasa yang cenderung alkali pada air, dampaknya adalah menyebabkan pembentukan kerak pada peralatan dapur dan menjadikan sabun atau detergen tidak mampu berbusa serta pembentukan endapan yang tidak larut pada pakaian. Nilai pH mata air memiliki variasi yang relatif rendah. Nilai pH mata air pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki rata-rata dengan nilai pH 7,02. Nilai pH tertinggi terletak pada mata air Bono 2 yang terletak pada vulkan Gilipetung dengan pH 7,85 sedangkan untuk mata air yang dijumpai dengan nilai pH terendah yakni pada mata air Telagasari yang terletak di vulkan Gilipetung.

Pengukuran total dissolved solid (TDS) di seluruh mata air Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung menunjukkan hasil nilai TDS rata-rata senilai 62,25. Nilai TDS tertinggi ditemui pada mata air Telomoyo 2 yang terletak pada ketinggian 665 mdpl dengan nilai TDS 105, sedangkan TDS terendah terletak pada mata air Bono 1 yang terletak pada ketinggian 1448 mdpl dengan nilai TDS 6. Tinggi-rendahnya nilai TDS dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah hingga pengaruh antropogenik berupa limbah domestik dan limbah industri. Berdasarkan klasifikasi TDS mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung, yang masuk kedalam kategori hyperfresh (> 100 ppm) terdapat 29 titik yang artinya hampir seluruh mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki klasifikasi TDS hyperfresh, sedangkan sisanya yakni 2 titik mata air termasuk kedalam klasifikasi fresh (100 – 1000 ppm) yaitu mata air Telagasari dan Bono 1.

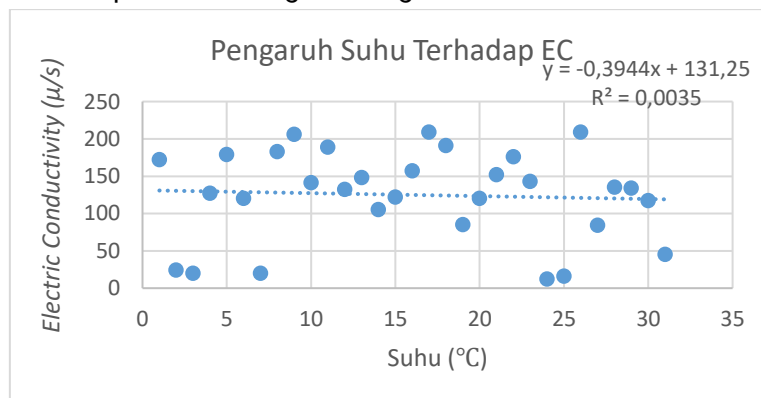
Hasil pengukuran electric conductivity (EC) yang cenderung sama dengan TDS ini merupakan kondisi yang wajar karena TDS merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap EC. Banyaknya TDS dalam air akan memperbesar kemampuan air untuk menghantarkan listrik.

Sebagaimana dijelaskan oleh Davie (2007) bahwa EC merupakan kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik, yang merupakan fungsi dari konsentrasi larutan (air) termasuk total valensi ion yang terlarut serta tingkat ion yang dapat bergerak dalam air. Berdasarkan teori tersebut dilakukan pengujian dengan analisis regresi sederhana mengenai hubungan antara TDS dengan EC. Hasil analisis menunjukkan bahwa antara TDS dan EC memiliki pengaruh yang positif dan kuat dengan ditunjukkan nilai R^2 sebesar 0,99 (Gambar 4) pada seluruh mata air. Berdasarkan hasil pengukuran EC didapatkan hasil rata-rata EC 124,93 dimana nilai EC tertinggi adalah 209 $\mu\text{S}/\text{cm}$ yang terletak pada mata air Bono 1, sedangkan nilai EC terendah adalah 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pada mata air Telomoyo 2. Kedua mata air tersebut memiliki persamaan perbedaan dengan nilai parameter TDS dengan TDS tertinggi dan terendah akibat dari pengaruh ketinggian lokasi.



Gambar 4. Pengaruh TDS terhadap EC mata air

Davie (2007) menjelaskan bahwa electric conductivity (EC) juga dipengaruhi oleh suhu air dimana ion yang bergerak dalam air adalah akibat dari pengaruh oleh suhu. Namun demikian pengaruh dari suhu terhadap EC yang dilakukan dengan analisis regresi tidak menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan dengan R^2 0,0035 (Gambar 5). Kondisi ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan yang signifikan antara suhu air dengan EC dan TDS dengan EC dimana parameter TDS lebih berpengaruh terhadap EC dibandingkan dengan suhu air.



Gambar 5. Pengaruh suhu terhadap EC mata air

Hasil pengukuran debit mata air yang dilakukan di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung menunjukkan bahwa dari sejumlah 31 titik mata air, sebagian besar merupakan mata air dengan kelas debit VI sejumlah 15 mata air, 8 mata air dengan kelas debit VII dan 5 mata air dengan kelas debit V sejumlah 5 mata air. Terdapat mata air dengan kelas debit yang tinggi yakni kelas debit IV pada mata air Banyutarung dengan besaran debit 17 liter/detik dan pada kelas debit III dimana pada kelas debit itu merupakan mata air yang tergolong besar yakni mata air Tlogorejo

dan mata air Citrosono. Hasil pengukuran tipe, kelas, dan debit mataair ditunjukkan oleh Tabel 2, 3, dan 4.

Tabel 2. Hasil observasi tipe mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

No	X	Y	Nama Mata Air	Tipe Mata Air	Lokasi Administratif
1	110°22'59.05"E	7°23'42.78"S	Ngrowo	<i>Depression</i>	Girirejo
2	110°22'46.56"E	7°23'37.05"S	Kalikulon	<i>Depression</i>	Girirejo
3	110°22'17.23"E	7°23'27.66"S	Pos Air Andong	<i>Depression</i>	Girirejo
4	110°19'35.04"E	7°22'48.91"S	Sumurbandung 1	<i>Contact</i>	Sumurarum
5	110°19'41.23"E	7°23'0.01"S	Sumurbandung 2	<i>Depression</i>	Sumurarum
6	110°20'53.43"E	7°22'57.88"S	Telaga Bleder	<i>Contact</i>	Ngasinan
7	110°20'46.27"E	7°22'50.45"S	Kalimo	<i>Depression</i>	Tirto
8	110°20'7.05"E	7°21'39.20"S	Citroso	<i>Contact</i>	Citroso
9	110°20'11.24"E	7°21'20.01"S	Telagasari	<i>Contact</i>	Citroso
10	110°21'29.54"E	7°22'11.59"S	Tlogorejo	<i>Contact</i>	Tlogorejo
11	110°22'48.73"E	7°23'28.43"S	Pendem	<i>Depression</i>	Girirejo
12	110°22'52.20"E	7°23'18.07"S	Gogik	<i>Contact</i>	Girirejo
13	110°22'37.82"E	7°22'40.28"S	Kaliwadas	<i>Depression</i>	Jogoyasan
14	110°22'33.00"E	7°21'31.66"S	Sumuran	<i>Contact</i>	Seloprojo
15	110°17'17.79"E	7°25'10.30"S	Grabag-Secang 1	<i>Contact</i>	Giriwetan
16	110°17'20.04"E	7°25'7.01"S	Grabag-Secang 2	<i>Contact</i>	Giriwetan
17	110°19'5.89"E	7°23'59.42"S	Bono 1	<i>Depression</i>	Baleagung
18	110°18'58.32"E	7°24'5.78"S	Bono 2	<i>Depression</i>	Baleagung
19	110°18'34.23"E	7°23'51.44"S	Bono 3	<i>Depression</i>	Baleagung
20	110°19'15.87"E	7°22'50.34"S	Cokro	<i>Depression</i>	Sumurarum
21	110°18'7.22"E	7°22'38.46"S	Banyusari1	<i>Contact</i>	Banyusari
22	110°18'5.99"E	7°22'35.75"S	Banyusari 2	<i>Contact</i>	Banyusari
23	110°24'11.84"E	7°22'24.15"S	Telomoyo 1	<i>Depression</i>	Pandean
24	110°23'55.49"E	7°22'4.38"S	Telomoyo 2	<i>Depression</i>	Pandean
25	110°23'52.99"E	7°22'0.50"S	Watu Tlatar	<i>Depression</i>	Keditan
26	110°20'57.44"E	7°19'33.50"S	Tukbugel	<i>Depression</i>	Ngrancah
27	110°21'14.74"E	7°19'49.93"S	Gondang	<i>Depression</i>	Ngrancah
28	110°21'9.38"E	7°19'54.19"S	Bangkong	<i>Depression</i>	Ngrancah
29	110°21'5.51"E	7°19'54.95"S	Ngembes	<i>Depression</i>	Ngrancah
30	110°21'2.21"E	7°20'4.01"S	Kreo	<i>Depression</i>	Ngrancah
31	110°21'52.00"E	7°19'57.72"S	Banyutarung	<i>Depression</i>	Ngrancah

Sumber: (Pengukuran lapangan, 2025)

Tabel 3. Data kelas debit berdasarkan klasifikasi Meinzer

Kelas	Debit	Jumlah mata air
III	100 - 1000	2
IV	10 - 100	1
V	1 - 10	5
VI	0,1 - 1	15
VII	0,01 - 0,1	8
Jumlah Mata Air		31

Sumber: (Hasil analisis, 2025)

Tabel 4. Debit mata air Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

Mata Air	Debit (liter/detik)	Debit Harian (liter)
Ngrowo	0,50	43.200
Kalikulon	0,05	4.320
Pos Air Andong	0,08	6.646
Sumurbandung 1	0,20	17.280
Sumurbandung 2	1,00	86.400
Telaga Bleder	0,50	43.200
Kalimo	0,25	21.600
Citroso	216,85	18.735.840
Telagasari	0,33	28.800
Tlogorejo	130,24	11.252.736
Pendem	1,00	86.400
Gogik	0,05	4.320
Kaliwadas	0,07	5.760
Sumuran	0,33	28.800
Grabag-Secang 1	0,03	2.880
Grabag-Secang 2	0,07	5.760
Bono 1	1,00	86.400
Bono 2	0,20	17.280
Bono 3	0,07	5.760
Cokro	1,00	86.400
Banyusari1	0,67	57.888
Banyusari 2	0,25	21.600
Telomoyo 1	0,14	12.342
Telomoyo 2	0,50	43.200
Watu Tlatar	0,25	21.600
Tukbugel	2,00	172.800
Gondang	0,10	8.640
Bangkong	0,05	4.320
Ngembes	0,13	10.800
Kreo	0,07	5.760
Banyutarung	17,00	1.468.800
Total	374,98	32.397.532

Sumber: (Hasil analisis, 2025)

Kondisi ketersediaan air untuk pemenuhan kebutuhan domestik dan pariwisata

Ketentuan dalam SNI Nomor 19-6728.1-2002 menyebutkan bahwa kebutuhan air untuk konsumsi harian khususnya pada aspek masyarakat domestik dan keperluan pariwisata sejumlah 100 liter/orang/hari untuk kebutuhan domestik yang mencakup seluruh aktivitas domestik harian dan 90 liter/orang/hari untuk pemenuhan kebutuhan sektor pariwisata. Kondisi ketersediaan air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung diharapkan dapat mengakomodir pemenuhan kebutuhan untuk setidaknya kedua aspek tersebut. Debit harian mata air tersebut diakumulasi dari 31 mata air di seluruh mata air Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung menghasilkan besaran debit sejumlah 32.397.532 liter/hari. Menurut BPS (2024) jumlah penduduk di Kecamatan Grabag dan Ngablak adalah 140.051 jiwa, sedangkan jumlah wisatawan per tahun 2024 pada objek wisata yang terdapat di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung adalah 426.442 wisatawan (DISPARPORA Kabupaten Magelang, 2024). Apabila dirata-rata dalam satu hari, maka rata-rata pengunjungnya adalah 1.184 wisatawan/hari.

Kebutuhan air yang dapat diakomodasi dari total seluruh titik mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung baik dari aspek kebutuhan domestik dan pariwisata. Dengan jumlah debit secara keseluruhan adalah 32.397.532 liter/hari maka untuk pemanfaatan kegiatan domestik dan pariwisata masyarakat Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung dapat terpenuhi apabila masyarakat menggunakan mata air, namun sebaran debit berdasarkan klasifikasinya bervariasi sehingga pada wilayah satu dengan wilayah lain dalam pemanfaatan mata air dapat berbeda. Masyarakat dalam hal ini selain memanfaatkan mata air dapat menggunakan alternatif seperti sumur bor dan bak tampungan air. Jumlah kebutuhan air untuk kegiatan domestik adalah 14.005.100 liter/hari sedangkan untuk kebutuhan pariwisata 106.610 liter/hari. Dengan ketersediaan air yang terdapat pada seluruh mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung maka dapat mengakomodir kebutuhan tersebut mulai dari kebutuhan air domestik masyarakat dan kebutuhan air untuk pariwisata per harinya.

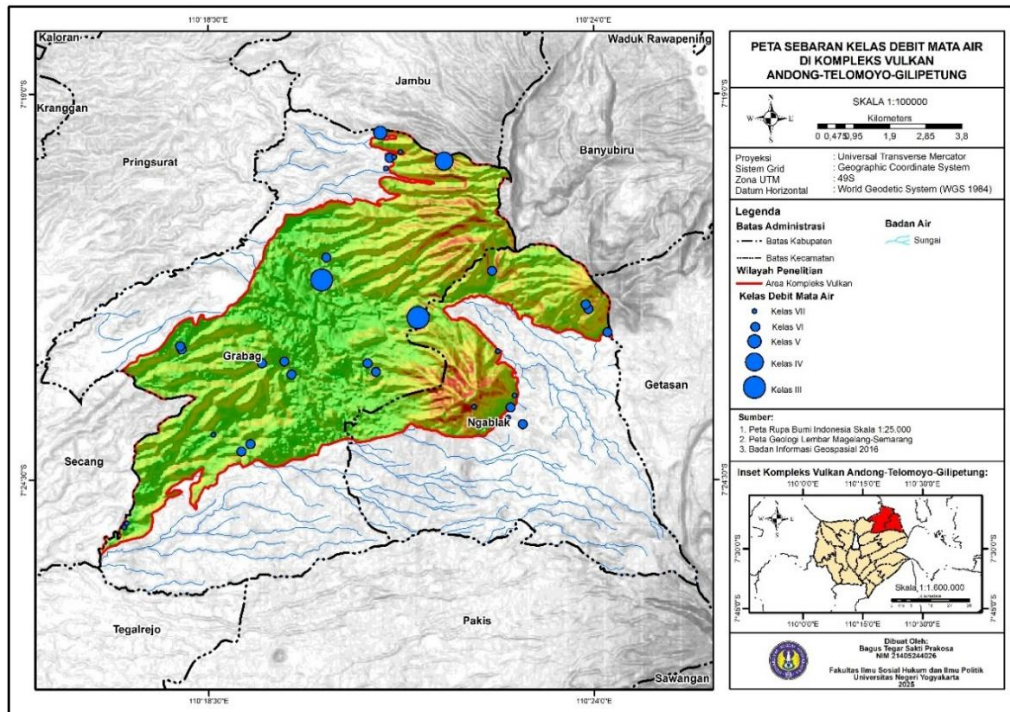
Pembahasan

Persebaran mata air pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung berpola mengelompok (*clustered*). Hasil temuan tersebut memiliki persamaan dengan penelitian terdahulu yang telah dilakukan pada bentanglahan vulkan di Jawa Tengah. Ashari dan Widodo (2019) dalam studinya di Lereng Barat daya Gunung Merbabu menjumpai persebaran mata air berpola mengelompok. Dalam temuannya terdapat 30 mata air yang tersebar secara mengelompok membentuk sabuk mata air (*spring belt*). Pola sebaran mengelompok juga dijumpai oleh Aurita dan Purwantara (2017) pada sisi barat kaki lereng Vulkan Merapi, namun pola mengelompok tersebut tersebar cenderung mengikuti alur lembah sungai. Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Salsabila et al. (2022) di di vulkan purba Gajah dan Menoreh di Pegunungan Kulonprogo, dalam temuannya, terdapat 38 mata air yang tersebar secara mengelompok mengikuti pola-pola struktur sesar. Berdasarkan kenampakan peta geologi lembar Magelang-Semarang, area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung tidak terdapat pola struktur sesar sehingga terdapat perbedaan faktor dari penyebab permunculan pola mata air yang mengelompok tersebut apabila dibandingkan dengan hasil temuan Salsabila et al. (2022). Ratih et al. (2018) di Lereng selatan Vulkan Merapi juga menjumpai pola mengelompok namun dengan pola membentuk sabuk mata air (*spring belt*) yang sama dengan temuan Ashari dan Widodo (2019) dalam studinya di Lereng Barat daya Gunung Merbabu.

Pola persebaran mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung apabila dikomparasi dengan temuan penelitian terdahulu menjadi menarik karena terdapat perbedaan. Walaupun dari beberapa temuan yang disebutkan sebelumnya dengan studi mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki persamaan pada tipe pola persebaran mata airnya yang mengelompok, namun secara khusus terdapat perbedaan secara spasial letak permunculan mata air dengan kecenderungan polanya. Studi yang dilakukan oleh Ashari dan Widodo (2019) di Lereng Barat daya Gunung Merbabu dan studi yang dilakukan oleh Ratih et al. (2018) di Lereng selatan Vulkan Merapi menunjukkan kecenderungan permunculan mata air pada morfologi kerucut vulkan, dimana hal ini merupakan pemunculan mata air yang khas pada bentuklahan vulkanik tipe strato. Pola ini umum dijumpai pada vulkan strato di Indonesia khususnya di Pulau Jawa (Santosa, 2006).

Studi hidrogeomorfologi mata air di area Kompleks Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung ini pada permunculan mata airnya cenderung berada pada upper slope (16 titik) dan lower slope (10 titik). Simoen (2001) membagi klasifikasi morfologi vulkan dimana upper slope masuk kedalam klasifikasi lereng vulkan dan lower slope adalah kaki vulkan. Meskipun secara keseluruhan pola persebaran mengelompok pada lereng vulkan dan kaki vulkan dimana hal ini berbeda dengan studi yang dilakukan Ratih et al. (2018) serta Ashari dan Widodo (2019) studi di

area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki perbedaan pada kecenderungan bentuk pola mata airnya meskipun hanya sebagian. Kecenderungan pola mata air pada penelitian tersebut membentuk pola seperti sabuk yang sering disebut dengan sabuk mata air (*spring belt*) dimana pada titik permunculan mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung juga ditemukan pola menyerupai sabuk mata air di vulkan Andong (Gambar 6).



Gambar 6. Peta sebaran mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung

Pola sebaran dengan membentuk sabuk mata air (*spring belt*) hanya dijumpai pada vulkan Andong. Topografi dan relief vulkan khususnya Telomoyo dan Gilipetung yang tidak lagi seperti vulkan aktif pada umumnya juga turut menentukan pola sebaran mata air. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh proses geomorfologi yang kuat berupa proses denudasi serta proses endogen dan eksogen. Sementara itu, apabila dilihat dari peta geologinya, pada formasi batuan Gunung Gilipetung (Qg) yang telah tertimbun material akibat proses erosi dari vulkan Merbabu, sehingga memungkinkan terjadinya permunculan mata air kontak dimana terdapat 11 mata air kontak pada area penelitian. Faktor geomorfologis memang sangat menentukan persebaran mata air. Sebagaimana disampaikan oleh Santosa (2006), kondisi geomorfologis merupakan faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaan sumber mata air di suatu wilayah selain curah hujan, permeabilitas, litologi, penggunaan lahan, dan struktur geologi.

Berdasarkan lokasi permunculan mata air yang ada di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi permunculan mata air terdapat pada segmen tekuk lereng, hal tersebut selaras dengan penelitian Wardoyo dan Khotimah (2021) yang menjelaskan bahwa lokasi permunculan mata air umumnya berada pada daerah tekuk lereng (*break of slope*). Apabila ditinjau kembali, terdapat 2 mata air yang tergolong mata air yang besar dengan kelas debit III yakni mata air Citrosono dan mata air Tlogorejo, Wardoyo dan Khotimah (2021) juga menjelaskan bahwa daerah vulkan memang memiliki potensi mata air yang tinggi dan keduanya terletak pada daerah tekuk lereng. Kedua mata air ini selain dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar mata air, juga dimanfaatkan oleh pemerintah daerah melalui PDAM dimana dialirkan tidak hanya di wilayah Kabupaten Magelang saja namun juga sampai Kabupaten Temanggung.

Parameter kualitas air yang digunakan pada penelitian ini meliputi Suhu, TDS, EC dan pH. Suhu air pada mata air yang ditemukan pada penelitian ini secara keseluruhan merupakan mata air *hypothermal springs* menurut klasifikasi berdasarkan suhunya. Berdasarkan hasil analisis regresi dapat menunjukkan bahwa suhu air tidak mendapatkan pengaruh dari ketinggian lokasi permunculan mata air dimana hasil dari analisis tersebut menunjukkan besaran nilai R^2 0,02 yang artinya tidak berpengaruh. Begitupula dengan EC, suhu air juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap EC dengan hasil R^2 0,003. Apabila ditinjau dari lokasi permunculan mata air, hasilnya tidak menunjukkan perbedaan suhu yang spesifik antar mata air, hal tersebut dikarenakan struktur geologi tidak mempengaruhi suhu air. Berbeda apabila akuifer berada dekat dengan magma pada kedalaman yang cukup dalam, maka akan terbentuk mata air panas. Secara umum, suhu mata air di daerah penelitian dipengaruhi oleh suhu udara, yaitu apabila suhu udara tinggi maka suhu air juga menjadi lebih tinggi (Bowen, 1986).

Hasil pengukuran pH yang dilakukan menunjukkan bahwa sebagian besar mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung cenderung bersifat netral (*neutral springs*), namun terdapat 3 mata air yang bersifat *weak alkaline springs* yaitu pada mata air Bono 2, Grabag-Secang 1 dan mata air Gogik. Irawan dan Puradimadja (2015) menjelaskan bahwa pada daerah vulkan khususnya pada batuan vulkanik, umumnya pH air lebih bersifat masam, namun temuan dalam penelitian ini mata air yang dijumpai memiliki pH yang netral atau lebih basa. Studi terdahulu yang telah dilakukan juga menunjukkan bahwa mata air di daerah vulkan ada yang memiliki pH netral yakni penelitian yang dilakukan oleh Irawan et al. (2009) di Vulkan Ciremai, Ratih et al. (2018) di lereng selatan Vulkan Merapi, Ashari dan Widodo (2019) di lereng barat daya Vulkan Merbabu serta Ervin et al. (2022) di antara lereng Vulkan Sumbing dan Sindoro.

Hasil pengukuran *Total dissolve solid* (TDS) dan *electric conductivity* (EC) pada mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung menunjukan hasil dimana keduanya memiliki nilai korelasi yang tinggi dengan nilai R^2 0,99. Klasifikasi nilai TDS yang ada pada mata air daerah penelitian sebagian besar menunjukkan nilai TDS yang berkisar 0-100 ppm dimana hal ini menandakan bahwa pada wilayah ini masuk kedalam kategori *hyperfresh springs* dan hanya terdapat 2 mata air yang masuk kedalam klasifikasi *fresh springs* dimana hasilnya pun tidak terpaut jauh dari nilai *hyperfresh springs* yakni pada mata air Bono 1 (105 ppm) dan Telagasari (103 ppm). TDS yang terkandung dalam mata air pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung cenderung sedikit dan tidak terlalu banyak, namun apabila ditinjau dari peta geologi pada wilayah lembah Kompleks Vulkan ini tertimbun material hasil proses erosi Gunung Merbabu dimana terdapat material andesit ber umur Holosen di dalamnya (Thanden et al., 1996). Hasil erosi ini memungkinkan terjadinya peningkatan pelarutan material sedimen yang terlarut dalam air. Keberadaan TDS pada area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung selanjutnya juga berpengaruh terhadap kondisi EC dimana apabila TDS tinggi maka akan selaras dengan EC begitupula sebaliknya, walaupun bervariasi namun variasinya tidak terpaut terlalu jauh dibuktikan dengan analisis regresi yang telah dilakukan. Kondisi ini sesuai dengan pendapat Irawan dan Puradimadja (2015) bahwa peningkatan ion-ion yang terlarut dalam air dapat menyebabkan nilai konduktivitas air juga meningkat.

Hasil pengukuran debit pada mata air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki variasi spasial berdasarkan klasifikasi debitnya dimana jangkauan variasi debit berkisar dari rentang kelas III hingga kelas VII. Mata air yang terdapat pada kelas debit III (100 – 1000 liter/detik) terdapat 2 mata air yakni mata air Citrosono dan Tlogorego, sedangkan pada kelas debit IV (10 – 100 liter/detik) hanya pada mata air Banyutarung saja. Sebagian besar mata air terletak pada kelas debit V (1 – 10 liter/detik) hingga VII (0,01 – 0,1 liter/detik) dimana hal tersebut menunjukkan bahwa debit mata air pada daerah tersebut relatif kecil. Santosa (2006) menjelaskan debit mata air yang ditemukan pada vulkan purba rata-rata termasuk ke dalam kelas VI (0,1 – 1

liter/detik). Hal tersebut dikarenakan perkembangan umur batuan vulkanik yang semakin tua mengakibatkan terjadinya proses pemadatan dan perekatan batuan berjalan lebih intensif, sehingga rongga antar butir menjadi kecil dan sulit untuk mengalirkan air tanah dalam jumlah besar. Apabila ditinjau dari permunculan mata airnya, sebagian besar mata air terdapat pada satuan batuan gunung api Gilipetung, Andong dan Telomoyo yang berumur pleistosen sedangkan pada lokasi permunculan mata air dengan kelas debit yang tinggi terdapat pada satuan batuan gunung api Merbabu yang berumur holosen yang artinya lebih muda dan yang masih berasosiasi dengan satuan batuan gunung api tersebut. Permunculan mata air yang berada pada wilayah ini disebut mata air kontak (*contact springs*) dimana mata air yang muncul diantara batuan impermeabel dan permeabel di atasnya.

Kondisi kuantitas air berdasarkan debitnya yang kecil dijumpai pada penelitian terdahulu oleh Ashari dan Widodo (2019) di Vulkan Merbabu lereng barat daya serta Wardoyo dan Khotimah (2021) di Vulkan Merbabu lereng selatan dan Vulkan Merapi lereng utara yang termasuk dalam kategori vulkan tua. Santosa (2006) juga menjelaskan bahwa semakin tua kondisi umur batuan vulkanik, maka semakin kecil pengaruhnya terhadap debit mata air yang muncul. Penelitian oleh Santosa (2006) di Vulkan Tua Lawu memiliki perbedaan dengan yang dilakukan oleh Ashari dan Widodo (2019) di Vulkan Merbabu lereng barat daya serta Wardoyo dan Khotimah (2021) di Vulkan Merbabu lereng selatan dan Vulkan Merapi lereng utara, pada temuannya, mata air memiliki debit yang sangat besar dimana terdapat mata air yang termasuk dalam kelas debit III (100 – 1000 liter/detik). Kondisi tersebut disebabkan oleh material morfologi lereng vulkan adalah piroklastik dibagian atas sebagai akuifer, sementara batuan vulkanik tua yang relatif kedap air terletak berada dibawahnya. Meskipun terdapat persamaan dan perbedaan temuan dengan penelitian terdahulu, karakteristik debit mata air tidak terlepas dari karakteristik akuifer yang dipengaruhi oleh kondisi lokal di area pemunculan mata air (Wardoyo & Khotimah, 2021).

Ketersediaan air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki variasi besaran debit secara spasial. Besaran debit mata air menandakan kondisi ketersediaan air secara organik atau alami yang keluar melalui mata air selain dari sumur bor yang dibuat masyarakat. Semakin tinggi jumlah penduduk, maka kebutuhan akan air juga semakin meningkat. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dengan memiliki jumlah besaran debit harian total yang dikalikan dengan standar baku mutu kebutuhan air dari SNI 19-6728.1-2002, apabila dibagi dengan jumlah penduduk masyarakat Kecamatan Grabag dan Kecamatan Ngablak, maka hasilnya seluruh masyarakat dapat memenuhi kebutuhan air domestiknya menggunakan sumber dari mata air. Namun demikian, sebaran mata air berdasarkan kelas debitnya yang tidak merata akibat dari variasi spasial sebaran mata air tersebut, maka masyarakat yang dekat dengan mata air pada kelas debit yang rendah tidak dapat menggantungkan pemenuhan kebutuhan air domestiknya apabila hanya menggunakan mata air saja. Sari et al. (2006) menyebutkan setidaknya selain mata air sebagai sumber pemenuhan kebutuhan air domestik, ada alternatif lain apabila tidak mencukupi yakni sumur dangkal, sumur dalam, mata air, air permukaan dan penampungan air hujan (danau, waduk dan situ) yang mengalami siklus hidrologi dan sebagian lagi akan meresap jatuh ke tanah sebagai pengisian kembali (*recharge*) pada kandungan air tanah yang ada. Alternatif sumber air tersebut juga digunakan pada masyarakat area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung yakni sumber sumur dangkal dan bak penampungan air hujan, selain itu menurut daya BPS (2019) terdapat juga 1 waduk/situ yang secara administratif terletak di Kecamatan Ngablak.

Aktivitas pariwisata di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung menjadi salah satu sumber mata pencaharian masyarakat sekitar selain menjadi petani. Jumlah wisatawan yang terdapat pada seluruh objek wisata di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung sejumlah 426.442 wisatawan/tahun (DISPARPORA Kabupaten Magelang, 2024). Dengan jumlah wisatawan yang tergolong tinggi, maka kebutuhan air yang digunakan untuk mendukung sektor

pariwisata harus diperhatikan. Rata-rata jumlah wisatawan dari seluruh wisatawan total pertahun adalah 1.184 wisatawan/hari yang mencakup wisata Gunung Telomoyo, Gunung Andong, Air Terjun Sumuran dan Telaga Bleder. Jumlah kebutuhan air pada aspek pariwisata meliputi sanitasi dan khusus untuk wisata pendakian digunakan sebagai air konsumsi. Dari total ketersediaan air di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung, kebutuhan air pada sektor pariwisata dapat terpenuhi apabila hanya mengandalkan mata air saja, namun demikian hampir sama dengan kebutuhan air domestik, adanya variasi debit berdasarkan sebaran spasialnya, pengelola maupun masyarakat yang menggantungkan mata pencahariannya pada sektor pariwisata menggunakan alternatif sumber air lain untuk memenuhi kebutuhan air tersebut yakni sumur dangkal dan sumur dalam.

Kesimpulan

Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung merupakan bentanglahan kompleks vulkan tua yang sudah lama tidak menunjukkan aktivitas vulkanik dan kondisinya sudah banyak berubah akibat dari proses endogen dan eksogen. Dengan kondisi tersebut karakteristik hidrogeomorfologis wilayah ini memiliki perbedaan dengan wilayah yang lain yang dicirikan dengan permunculan mata air berpola mengelompok (*clustered*). Persebaran mata air di Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung cenderung terdapat pada lereng vulkan dan kaki vulkan. Meskipun demikian, mata air dengan debit tertinggi (kelas debit III) justru muncul pada daerah lembah vulkan yang masih tergolong pada segmen tekuk lereng. Hal tersebut dikarenakan daerah segmen tekuk lereng memiliki potensi keberadaan mata air yang tinggi. Pola yang unik juga terbentuk pada daerah kaki vulkan Andong yang membentuk sabuk mata air (*spring belt*) yang pernah terjadi sebelumnya pada penelitian terdahulu. Total debit harian pada seluruh mata air yang ada pada Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung sebesar 32.397.532 liter/hari mampu untuk mengakomodir kebutuhan domestik masyarakat sejumlah 140.051 jiwa dengan kebutuhan air sebesar 14.005.100 liter/hari. Pada sektor pariwisata di area Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki 4 objek wisata yaitu Gunung Andong, Gunung Telomoyo, Telaga Bleder dan Air Terjun Sumuran dengan jumlah pengunjung 426.442 wisatawan/tahun dan pengunjung rata-rata 1.184 wisatawan/hari. Dengan jumlah wisatawan tersebut maka kebutuhan air yang dibutuhkan sejumlah 106.610 liter/hari.

Kualitas air yang ada pada mata air Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki kondisi yang layak untuk dikonsumsi berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dilihat dari parameter suhu air, *Total Dissolve Solid* (TDS) dan *Electric Conductivity* (EC) yang merupakan parameter fisik dan pH merupakan parameter kimia. Dengan hasil uji regresi yang dilakukan disimpulkan bahwa ketinggian lokasi permunculan mata air tidak memberikan pengaruh terhadap suhu air begitupula suhu juga tidak memberikan pengaruh terhadap TDS. Sebaliknya TDS dan EC memiliki korelasi yang kuat diantara keduanya dikarenakan akibat dari peningkatan ion-ion yang terlarut dalam air (TDS) dapat menyebabkan nilai konduktivitas air (EC) juga meningkat. Debit mata air pada Kompleks Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung memiliki rentang mulai dari kelas III (100 – 1000 liter/detik) hingga kelas VII (0,01 – 0,1 liter/detik). Sebagian besar debit mata air yang ada pada wilayah ini adalah pada kelas debit VI yaitu 0,1 – 1 liter/detik yang tergolong kecil. Daerah yang memiliki kelas debit III merupakan mata air kontak (*contact springs*) yang terbentuk akibat celah antara batuan impermeabel dan permeabel dari material erosi vulkan Merbabu yang umurnya lebih muda dibandingkan formasi batuan gunung api Andong-Telomoyo-Gilipetung. Perbedaan kondisi geologis dan geomorfologis pada lokasi perumunculan mata air menyebabkan debit mata air menjadi lebih variatif. Sebagai tindak lanjut atau kebaruan penelitian selanjutnya diharapkan dapat melengkapi parameter khususnya pada kualitas air sehingga tidak hanya terbatas pada

parameter fisik saja namun juga terdapat parameter biologi sehingga hasilnya dapat dibandingkan dengan standar baku mutu kualitas air untuk kebutuhan konsumsi (SNI).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Kepala Laboratorium Geografi Fisik, Universitas Negeri Yogyakarta yang menyediakan instrumen pengukuran lapangan, Bapak Mukidin selaku pegiat konservasi di Vulkan Telomoyo dan masyarakat sekitar Vulkan Andong-Telomoyo-Gilipetung yang membantu pengambilan data penelitian, dan Bapak Arif Ashari yang memberikan saran dan masukan melalui diskusi konstruktif dalam penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Ashari, A., & Widodo, E. (2019). Hidrogeomorfologi dan Potensi Mataair Lereng Baratdaya Gunung Merbabu. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(1), 48.
- Ashari, A., & Purwantara, S. (2022). *Bentanglahan Vulkanik Indonesia: Aspek Fiskal dan Kultural*. Yogyakarta: UNY Press.
- Aurita, R.P., & Purwantara, S. (2017). Karakteristik Mata Air Kaki Lereng Gunung Merapi dan Pemanfaatannya di Kecamatan Dukun Kabupaten Magelang. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 15(2), 45–60.
- BPS Kabupaten Magelang. (2024). *Kecamatan Grabag Dalam Angka*. Kota Mungkid: BPS Kabupaten Magelang.
- BPS Kabupaten Magelang. (2024). *Kecamatan Ngablak Dalam Angka*. Kota Mungkid: BPS Kabupaten Magelang.
- BPS Kabupaten Magelang. (2019). *Data infrastruktur Kecamatan Magelang*. Kota Mungkid: BPS Kabupaten Magelang.
- Bowen, R. (1986). *Groundwater*, 2nd Edition. Springer Publisher.
- Chang, K. (2018). *Introduction to Geographic Information System* (9th ed). New York: McGraw-Hill Education.
- Davie, T. (2007). *Fundamentals of Hydrology* (2nd ed). Routledge Taylor & Francis Group.
- DISPARPORA Kabupaten Magelang. (2024). *Data Kunjungan Wisatawan di Objek Wisata Kabupaten Magelang*. Kota Mungkid: DISPARPORA Kabupaten Magelang.
- Ervin, M., Anafi, M.A., Arif, A., Puspita, H.R.A., Dewi, A.N., & Ashari, A. (2022). Hydrogeomorphology of Springs at the Junction of Sumbing-Sindoro Twin Stratovolcanoes, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1089 (1): 012026.
- Gunardo. (2014). *Geografi Transportasi*. Yogyakarta: Ombak.
- Irawan, D.E., & Puradimadja, D.J. (2015). *Hidrologi Umum*. Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Irawan, D.E., Puradimana, D.J., Notosiswoyo, S., Soemintadiredja, P. (2009). Hydrogeochemistry of Volcanic Hydrogeology Based on Cluster Analysis of Mount Ciremai, West Java, Indonesia. *Journal of Hydrology*. 376 (1-2): p221-234.
- Lindley, D.V. (1987). *Regression and Correlation Analysis*. New Palgrave: A Dictionary of Economics, 4, 120–123.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1(078487A), 483.
- Ratih, S., Awanda, H.N., Saputra, A.C., & Ashari, A. (2018). Hidrogeomorfologi Mata Air Kaki Vulkan Merapi Bagian Selatan. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 16(1), 25–36.

- Rijanta, R., Hizbaron, D.R., & Baiquni, M. (2014). *Modal Sosial Dalam Manajemen Bencana*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Salsabila, M.A., Purwantara, S., & Ervin, M. (2022). Hidrogeomorfologi Mataair Pada Peralihan Antara Paleovulkan Gajah dan Menoreh di Pegunungan Kulon Progo. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 20(1), 33–41.
- Santosa, L.W. (2006). Kajian Hidrogeomorfologi Mataair di Sebagian Lereng Barat Gunungapi Lawu. *Forum Geografi*, 20(1), 68–85.
- Sari, I.K., Limantara, L.M., Priyantoro D. (2006). Analisa Ketersediaan dan Kebutuhan Air pada DAS Sampean. *Jurnal Pengairan*. 1(1):3.
- Setyaningsih, W & Sholeh, M. (2010). Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gerakan Tanah di Wilayah Grabag Kabupaten Magelang Propinsi Jawa Tengah. *Pemetaan Daerah Rawan Bencana*. 8(1).
- Simoen, S. (2001). Sistem Akuifer di Lereng Gunungapi Merapi Bagian Timur dan Tenggara, Studi Kasus di Kompleks Mata Air Sungsang Boyolali Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia* 15 (1):1-16
- Thanden, R.E., Sumadirja, H., Richards, P.W., Sutisna, K., Amin, T.C. (1996). *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa Tengah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Tika, M.P. (2005). *Metode Penelitian Geografi*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Wardoyo, M.A.I., & Khotimah, N. (2021). Hidrogeomorfologi Mata Air Stratovolkano di Area Celah Selo Jawa Tengah. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 19(2), 136–148.