

Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai *Renewable Energy* dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang

Fandika Agustiyar^{1*}, Boi Haris H. Siahaan², Dirga Wahyuzar², Hendry Wirandoko²

¹Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

²Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

Corresponding author email fandikaagustiyar@gmail.com

Abstrak

Energi konvensional merupakan sumber energi utama yang masih digunakan hingga saat ini, seperti batubara dan minyak bumi. Namun, sumber energi tersebut jumlahnya semakin menipis karena tidak bisa untuk diperbarui dan memerlukan waktu yang lama dalam pembentukannya, sedangkan kebutuhan energi yang selalu meningkat. Sehingga, dibutuhkan sumber energi baru dan terbarukan yang berkelanjutan, salah satunya adalah energi panas bumi. Potensi panas bumi di Indonesia sangat tinggi, sekitar 40% atau 29.000 MW total panas bumi dunia berada di Indonesia, salah satunya di kompleks Gunung Telomoyo. Penelitian bertujuan untuk mengindikasikan potensi persebaran dan karakteristik sumber energi panas bumi Telomoyo agar dapat dikembangkan lebih lanjut ke tahap eksplorasi dan eksploitasi. Metode penelitian berupa studi literatur dan survei lapangan untuk mendapatkan data sekunder dan primer. Dari penelitian ini, didapatkan hasil berupa titik persebaran manifestasi panas bumi, peta geologi, peta geomorfologi, potensi, dan karakteristik panas bumi di kompleks Gunung Telomoyo. Terdapat tiga sumber manifestasi panas bumi, diantaranya yaitu berada di mata air panas Candi Dukuh, Pakis Dadu, dan Candi Umbul, dengan karakteristiknya yang didukung oleh data geokimia, geologi, dan geomorfologi. Panas bumi daerah ini berpotensi untuk substitusi energi konvensional dan juga potensial untuk eksplorasi dan eksploitasi, maka dari itu diperlukan studi lebih lanjut untuk optimalisasi sumber panas bumi di Gunung Telomoyo.

Kata kunci : *manifestasi, panas bumi, Telomoyo*

Abstrack

Energy is something that cannot be separated from human life. Over time, conventional energy such as coal and oil will be depleted because it takes a very long time to produced. To meet the increasing demand for the higher energy, new sustainable energy sources are needed. Renewable energy has a very high potential but its utilization is not optimal. One of the renewable energy sources is geothermal. Geothermal is a source of heat energy that is formed naturally below the earth's surface which comes from heating rocks and water along with others elements originating from magmatism activity in the earth's crust. Indonesia has the largest geothermal potential in the world because it's located in the Indo-Australian and Eurasian subduction zones, leaving many active volcanoes and their potential. The Mount Telomoyo complex is one of the geothermal prospect areas which is indicated by the appearance of manifestations to the surface as hot springs and alteration of rocks. In the geothermal area of Mount Telomoyo, there are 3 heat sources as manifestations, including the hot springs of Candi Dukuh, Pakis Dadu, and Candi Umbul. In this study, field survey methods and literature studies were used which in the end obtained results in the form of distribution points of manifestations, geological maps, landform maps, and geothermal potential.

Keywords : manifestation ,geothermal, , Telomoyo,

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan sesuatu yang melekat dalam kehidupan manusia. Kebutuhan akan sumber energi yang selalu meningkat berkorelasi dan berbanding lurus dengan harga yang semakin mahal, namun berbanding terbalik dengan cadangan yang saat ini semakin menipis (Agustiyar, 2021). Seiring berjalannya waktu, energi konvensional seperti batubara dan minyak bumi suatu saat akan habis karena sumber dayanya terbatas dan tidak terbarukan. Oleh karena itu, untuk tetap memenuhi kebutuhan energi yang semakin besar, diperlukan adanya sumber energi baru terbarukan yang mampu mencukupi kebutuhan energi tersebut.

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang potensial namun pemanfaatannya saat ini masih belum optimal, salah satunya adalah sumber energi

panas bumi. Panas bumi merupakan sumber daya alam dalam bentuk air atau uap yang berasal dari proses pemanasan fluida melalui pemanasan batuan dibawah permukaan. Panas bumi ini sendiri nantinya dapat digunakan sebagai sumber utama dalam menghasilkan listrik atau yang biasa dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).

Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat tinggi, sekitar 40% atau 29.000 MW total panas bumi dunia terdapat di Indonesia (Sundus, 2020). Namun, potensi panas bumi yang ada masih belum bisa dimanfaatkan dengan maksimal. Menurut DITJEN EBTKE (2020), baru 8,9% dari total potensi yang telah bisa dimanfaatkan. Sedangkan, target pembangunan energi baru terbarukan dari panas bumi diperkirakan sebesar 7.2

Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai *Renewable Energy* dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang

GW pada 2025 dan sebesar 17 GW pada 2050 (2022).

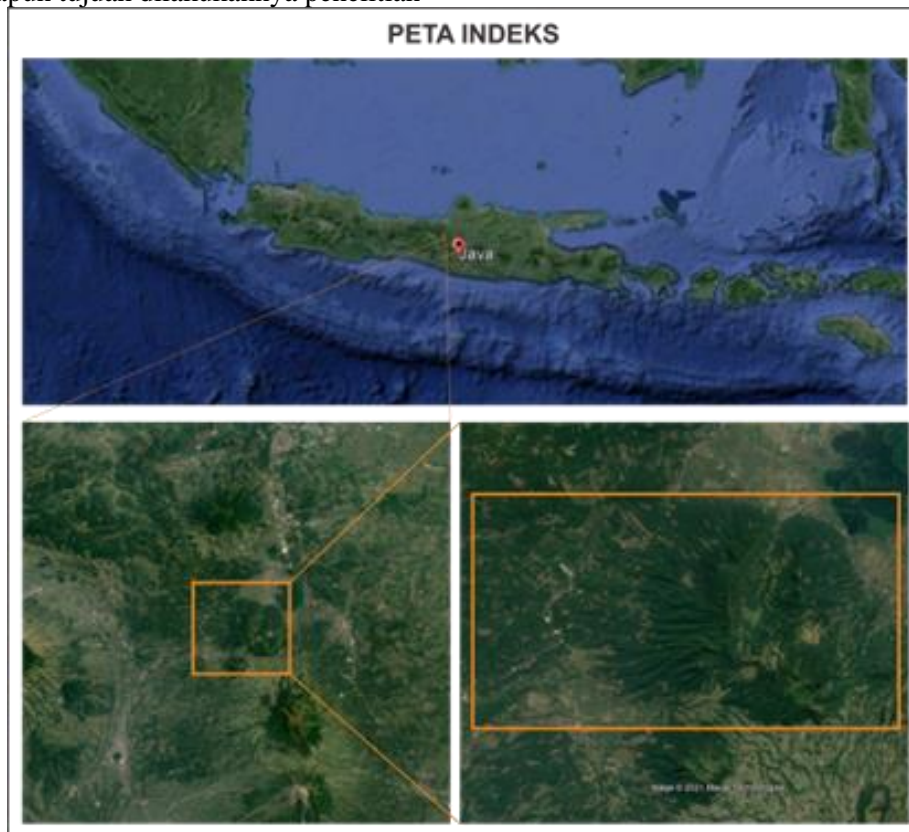
Gunung Telomoyo merupakan salah satu gunung di Indonesia yang memiliki potensi sumber panas bumi. Meskipun gunung ini tidak aktif lagi, namun terdapat tiga manifestasi panas bumi dalam bentuk air panas di gunung tersebut diantaranya adalah mata air panas Candi Umbul, Candi Dukuh, dan Pakis Dadu. Keberadaan mata air panas ini diperkirakan karena adanya struktur geologi seperti rekahan, sehingga fluida panas naik menuju permukaan dan muncul sebagai mata air panas. Keberadaan fluida panas ini dapat mengindikasikan adanya zona panas yang terdapat di bawah permukaan, sehingga karakter panas yang ada di permukaan menjadi indikasi sistem panas bumi Gunung Telomoyo.

Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti tertarik untuk mengkaji potensi panas bumi di Gunung Telomoyo. Adapun tujuan dilakukannya penelitian

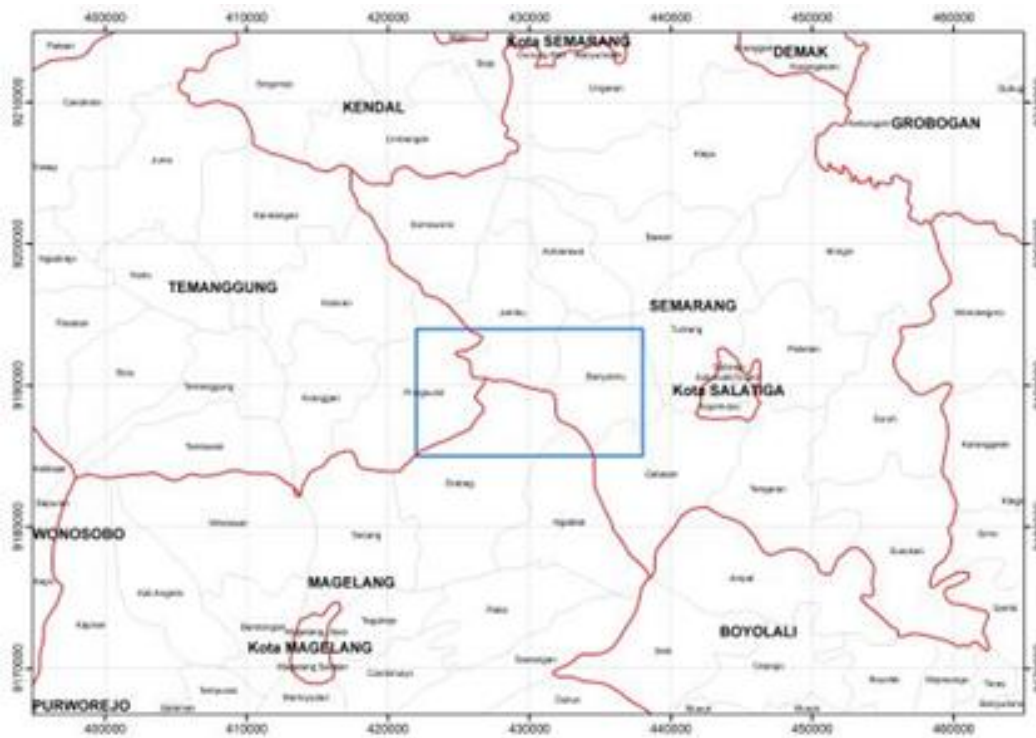
ini adalah untuk melakukan identifikasi potensi persebaran manifestasi dan karakteristik panas bumi di Gunung Telomoyo dengan memperhatikan aspek geologi, geomorfologi dan geokimia.

II. METODE

Penelitian dilakukan di beberapa titik kawasan Gunung Telomoyo, Magelang, Jawa Tengah, yang berada dalam rentang koordinat *Universal Transverse Mercator* yaitu $X = 422000 - 438000$ m dan $Y = 9185000 - 9194000$ m terlihat pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.
(*Google Earth*, 2022)

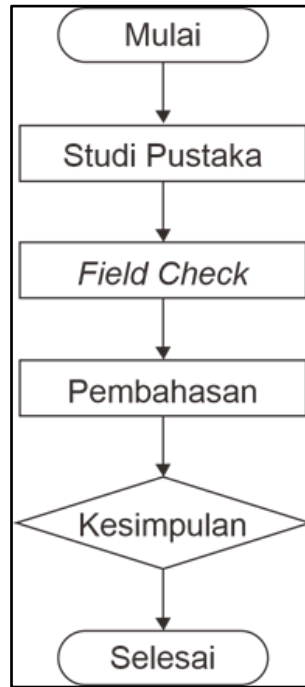


Gambar 2. Peta wilayah kawasan Gunung Telomoyo

Dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan perlengkapan, seperti buku lapangan, alat tulis, kamera, kompas, palu dan GPS sebagai alat utama dalam mendapatkan data primer ketika melakukan *field check*. Sebelum melakukan *field check*, penulis terlebih dahulu melakukan interpretasi dan pengolahan citra, sehingga didapatkan data berupa data geologi, geomorfologi, dan persebaran manifestasi panas bumi dari lokasi penelitian. Selain itu metode lainnya yang digunakan adalah studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan referensi pendukung mengenai keadaan geologi dan geomorfologi, serta manifestasi panas bumi di kawasan Gunung Telomoyo.

Proses pengambilan data geologi dilakukan dengan mengambil sampel batuan di sekitar manifestasi panas bumi, sehingga dapat diketahui kandungan mineral dan persebaran satuan batuan yang terbentuk di daerah tersebut. Kemudian, pengamatan keadaan sekitar juga dilakukan untuk mengetahui bentuk lahan yang ada dengan mengacu dari hasil interpretasi citra sehingga dapat dibuat peta geomorfologinya. Sedangkan, untuk pengambilan data manifestasi air panas dilakukan dengan menentukan koordinat di setiap lokasi untuk mengamati aspek fisik dan kimia, sehingga didapatkan data karakteristik fisik dan geokimia. Semua data yang telah terkumpul selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan peta, baik itu peta sebaran manifestasi panas bumi, peta geologi, peta geomorfologi, dan peta geokimia.

Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai *Renewable Energy* dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Penggunaan Energi Panas Bumi di Indonesia

Peran energi baru terbarukan (EBT) menjadi fokus pemerintah, seiring dengan diterbitkannya PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Antusias ini diharapkan dapat meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan untuk pemenuhan energi nasional. 23% dari kebutuhan ini diharapkan dapat tercapai pada 2025 dan 31% pada 2030 dapat dilihat pada table 1. Pemanfaatan EBT yang masih minim ini disebabkan karena mahalnya biaya produksi pembangkit listrik berbasis EBT. Indonesia saat ini telah menggunakan listrik dari EBT meskipun jumlahnya masih sangat kecil.

Tabel 1. Potensi EBT di Indonesia (EBTKE, 2019).

Jenis Energi	Potensi
Panas Bumi	28,5 Gw
Tenaga Air	94,3 Gw
Bio- Energi	32,6 Gw
Surya	207,8 Gw
Angin	60,6 Gw
Energi Laut	17,9 Gw

Perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini juga akan berbanding lurus dengan penambahan kebutuhan energi, baik sebagai konsumsi pribadi, rumah tangga, maupun industri. Penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan

diharapkan dapat memenuhi kebutuhan yang terus meningkat tersebut sehingga kemudian masalah lingkungan juga dapat berdampak positif dari pengembangan energi terbarukan ini.

Panas bumi sendiri disebut sebagai energi terbarukan karena berasal dari air dibawah permukaan oleh batuan panas. Pemanasan air inilah yang kemudian akan menghasilkan panas, baik dalam bentuk uap ataupun air yang disalurkan ke permukaan melalui sebuah sistem dan diubah menjadi energi yang umum dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP). Panas yang alami dan sumber air yang tidak terbatas menjadi alasan utama bahwa energi ini sangat potensial untuk dikembangkan. Pemanfaatan potensi ini belum begitu maksimal dikembangkan karena biaya pembangunan dan operasionalnya yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan potensi lain yang ada, meski saat ini perluasan dan peningkatan terus dilakukan.

Pengembangan panas bumi di Indonesia sendiri sudah ada sejak 1926 yaitu panas bumi Kamojang, meski sempat terhenti dan dilanjutkan kembali pada 1964 (Hadimuljono et al., 2018). Indonesia telah memanfaatkan energi panas bumi untuk memenuhi kebutuhan listrik nasional meskipun masih belum dalam skala besar. Dari data dirjen EBTKE 2020, baru 8,9 % atau sekitar 2.130,6 Mw yang sudah dimanfaatkan, dengan target 16,8 % di 2025 yang juga belum terpenuhi jika dibandingkan dengan PP no 79 tahun 2014 sebanyak 23% pada 2025

III.2. Sebaran Manifestasi Panas Bumi Gunung Telemoyo

Mata Air Panas Candi Dukuh

Mata air panas Candi Dukuh berada dekat dengan Candi Dukuh Brawijaya V dan berada ditepi Danau Rawa Pening, Banyubiru, Semarang, Jawa Tengah. Pada lokasi ini ditemukan manifestasi air panas pada beberapa titik. Dari data yang didapatkan, dulunya terdapat enam titik mata air panas di lokasi ini, namun sekarang ini hanya tersisa dua mata air. Keempat mata air panas yang lainnya telah terendam oleh rawa. Pada satu titik yang telah terendam tersebut masih dapat ditemukan buih dari mata air panas, namun karena telah tercampur dengan air rawa, suhunya menjadi lebih rendah dari mata air panas umumnya. Mata air panas yang masih tersisa ini dimanfaatkan oleh warga sekitar sebagai pemandian. Manifestasi ini berada pada zona outflow sama dengan manifestasi panas bumi daerah lainnya (Gambar 5). Sistem panas bumi Candi Umbul dibentuk oleh reservoir yang berada pada lingkungan vulkanik dan memiliki sedimen dengan permeabilitas tinggi (Hermawan dkk, 2012)

Pakis Dadu

Manifestasi Pakis Dadu berada di tengah area persawahan di Pakis Dadu, Pringsurat, Temanggung, Jawa Tengah. Dari penyelidikan yang dilakukan, mata air ini masih dapat dikenali karena adanya gelembung air dari dalamnya, suhunya sendiri jauh lebih rendah dari mata air panas Candi Umbul yang berada tidak jauh dari mata air sama

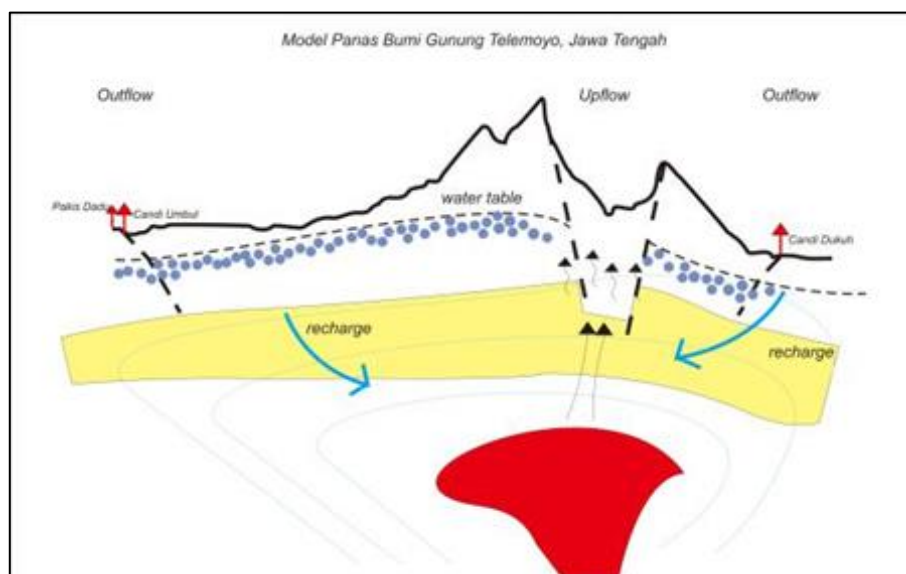
dengan suhu air yang berada di persawahan dapat dilihat pada gambar 5.

Keadaan tersebut terjadi karena air yang berada dipermukaan masuk melalui rekahan, namun karena tidak sebanding dengan mata air panas yang menuju permukaan menyebabkan suhunya langsung mengalami penurunan saat tiba di permukaan. Keberadaannya di lereng sawah, menyebabkan air yang berada di atasnya turun, kemudian membawa sedimen berupa lumpur sehingga mata air ini terganggu, baik dari suhu maupun kekeruhannya.

Mata Air Panas Candi Umbul

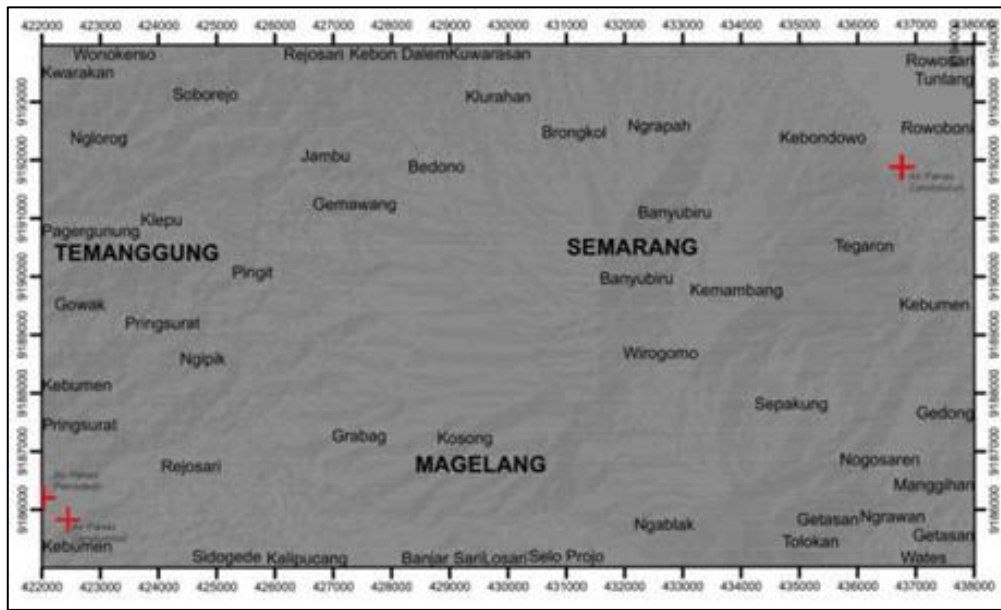
Manifestasi Candi Umbul berada di dalam situs sejarah Candi Umbul, yang berada di Desa Kartoharjo, kecamatan Grabag, kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Air panas Candi Umbul memiliki suhu 35°-36°C dan hingga kini dimanfaatkan sebagai tempat pemandian air panas. Sistem panas bumi ini terbentuk dari sisa panas dari magma pada lingkungan basaltik. Adapun air panas daerah ini berasal dari reaksi panas yang dilepas oleh pemanasan batuan yang kemudian berinteraksi dengan air meteorik, dan keluar melalui rekahan atau pori antar batuan.

Pada Gambar 4 ditampilkan bagaimana model panas bumi Gunung Telemoyo, yang menunjukkan bahwa sistem panas bumi berada pada zona *outflow* sehingga berpotensi untuk dapat dikembangkan. Adapun kenampakan permukaan pada gambar berikut dibuat berdasarkan sayatan berarah Barat Daya - Timur Laut.



Gambar 4. Model Panas Bumi Gunung Telemoyo
(Hutami et al., 2014)

Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai *Renewable Energy* dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang

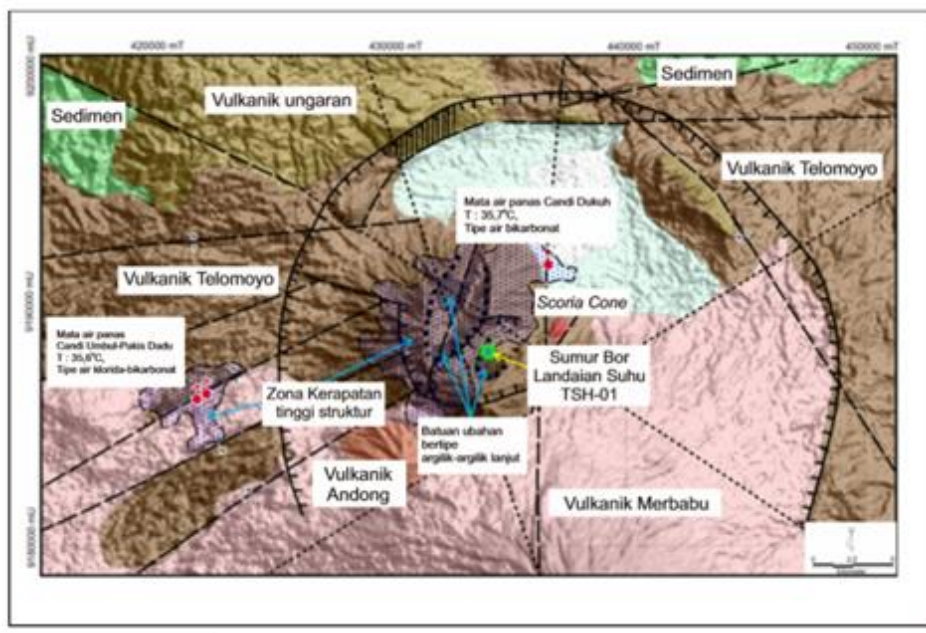


Gambar 5. Peta Sebaran Mata Air Panas

III.3. Kondisi Geologi dan Geomorfologi

Gunung Telomoyo berada pada kompleks gunung api dalam kelurusan yang memiliki arah Barat Laut - Tenggara yaitu Gunung Api Ungaran - Telomoyo - Merbabu- Merapi. Adapun produk dari gunung api tersebut adalah lava andesit-basaltik dan juga piroklastik. Kawasan Gunung Telomoyo tersusun atas litologi lava andesit hornblenda-hipersten-augit dengan umut kuarter (Ramadhan et al., 2014). Dalam litologi Gunung Telomoyo, diketahui bahwa aliran dari lava andesit tersebut adalah bersifat basaltik.

Endapan dari material Gunung Telomoyo juga berpengaruh terhadap sedimentasi di Rawa Pening yang berada di bagian Timur Laut dari Gunung Telomoyo, hal ini diakibatkan karena pengangkutan material oleh air sungai yang berhilir di danau rawa pening yang kemudian membentuk endapan alluvial. Struktur geologi yang berkembang pada daerah Gunung Telomoyo berupa sesar mendatar dengan arah Barat Laut - Tenggara dan Utara - Selatan (PSDG, 2010).



Gambar 6. Peta Geologi Daerah Gunung Telomoyo (Hermawan et al., 2012)

Dilihat dari kondisi geomorfologinya, omplek Gunung Telomoyo tersusun atas tiga bentuk lahan, diantaranya adalah bentuk lahan vulkanik, yaitu bentuk lahan yang terbentuk akibat adanya endapan material vulkanik di permukaan, bentuk lahan ini dikontrol oleh aktivitas vulkanik. Meskipun gunung ini dinyatakan tidak pernah erupsi, namun materialnya ada karena pengangkatan dari material gunung Merbabu yang berada di sebelah Utara Gunung Telomoyo.

Bentuk lahan yang kedua adalah bentuk lahan denudasional, merupakan bentuk lahan yang terbentuk karena erosi, pelapukan dan pengendapan dari batuan Gunung Telomoyo. Material pelapukan

dari bentuk lahan ini diperkirakan berasal dari erosi batuan pada Gunung Telomoyo yang bergerak ke arah Barat dan Barat Daya.

Kemudian yang terakhir adalah bentuk lahan Fluvial, bentuk lahan ini berhubungan dengan aliran sungai, bentuk lahan ini dapat ditemukan di Timur Laut Gunung Telomoyo yang terkonsentrasi di Rawa Pening. Air panas Candi Dukuh sendiri berada pada bentukan lahan ini.



Gambar 7. Peta Geomorfologi Daerah Gunung Telomoyo

III.4. Kondisi Geokimia Fluida

Pengujian analisis kimia fluida dilakukan terhadap sampel air manifestasi mata air hangat di Candi Umbul dan Candi Dukuh, sedangkan di pakis Dadu tidak dianalisis karena keadaan yang kurang baik, namun secara keseluruhan tiga titik panas ini memiliki ciri yang sama. Berikut merupakan hasil analisis kimia fluida Tabel 2

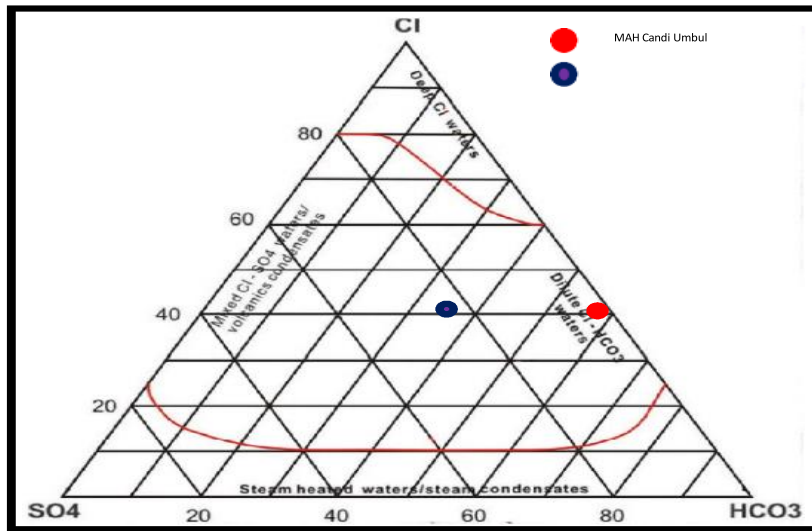
Tabel 2. Hasil Analisis Kimia Mata Air Hangat

Paramete r(mg/L)	MAH	MAH
	Candi Dukuh (mg/L)	Candi Umbul (mg/L)
SiO ₂	0.130	0.020
Al	0.014	0.006
Fe	0.540	0.230
Ca	68.050	24.567
Mg	36.530	3.230
Na	27.676	20.305
K	7.450	3.450
Cl	40.130	17.430
SO ₄	43.198	26.755
HCO ₃	36.340	21.077
CO ₃	0.460	0.009

Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai *Renewable Energy* dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang

Tipe fluida panasbumi dapat diketahui dengan membandingkan konsentrasi anion Cl - SO₄ -

HCO₃ dengan menggunakan diagram ternary Giggenbach, 1991 pada Gambar 8

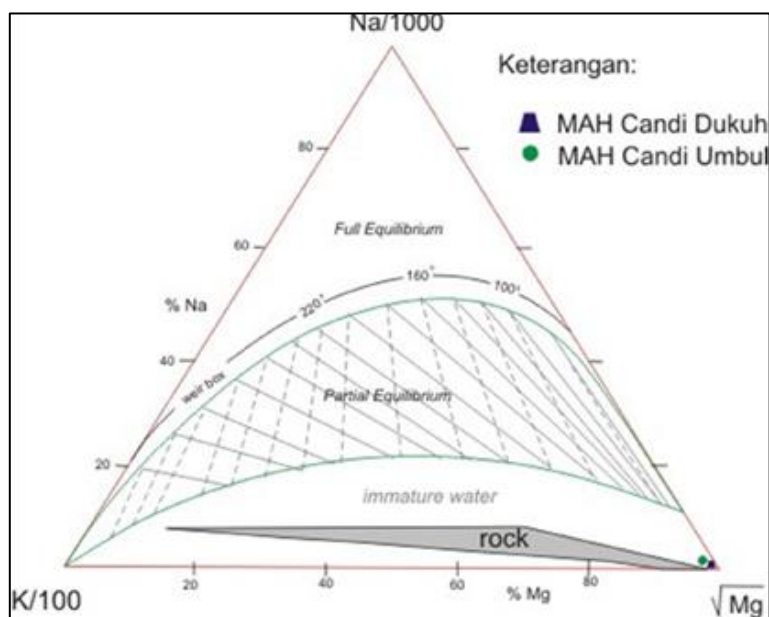


Gambar 8. Diagram ternary Cl – SO₄ – HCO₃ mata air hangat Candi Umbul – Candi Dukuh (Hutami et al., 2014)

Hasil dari diagram tersebut menunjukkan bahwa mataair Candi Umbul dan Candi Dukuh merupakan jenis tipe air Klorida – Bikarbonat, air tersebut terbentuk karena pengenceran unsur klorida dari air meteorik yang mengalir ke permukaan.

Unsur bikarbonat dalam air adalah hasil dari kondensasi uap di bawah muka airtanah yang bergerak mengikuti gradien muka airtanah, semakin jauh jaraknya maka pengaruh airtanah juga semakin besar.

Kedua mata air tersebut merupakan zona *outflow* dari sistem panasbumi Telomoyo yang berdasarkan tipe fluidanya yaitu klorida-bikarbonat dan termasuk dalam *immature water*, dimana fluida reservoir mengalami proses pencampuran dengan air yang dengan konsentrasi silika yang rendah. Kondisi tersebut diketahui dengan cara pengeplotan unsur Na – K – Mg pada diagram ternary Giggenbach (1988) pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Ternary Na – K – Mg (Hutami et al., 2014)

Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa mata air hangat Candi Dukuh dan Candi Umbul berada pada sudut Mg, namun mataair hangat Candi Dukuh berada di sudut Mg yang lebih dalam lagi. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa mataair hangat Candi Umbul dan Candi Dukuh mengalami reaksi pelarutan dari batuan yang dilaluinya dekat permukaan ataupun terjadi proses pengenceran oleh airtanah yang memiliki konsentrasi Mg tinggi dengan tingkat pelarutan di Candi Dukuh lebih intensif dari Candi Umbul.

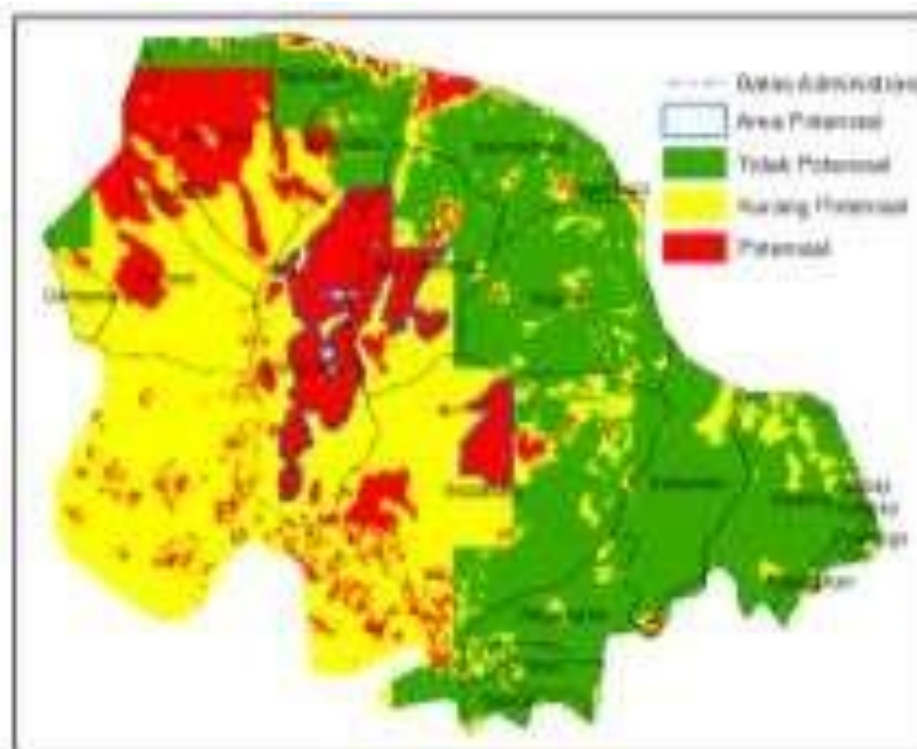
III.5. Alterasi Batuan

Alterasi batuan banyak ditemukan di bagian lereng Pegunungan Kelir di dinding kalderanya, yang terdapat pada Desa Dangkel, Keningar, Sepakung dan Kendal Duwur. Penyebaran dari alterasi tersebut mengidentifikasi adanya rekahan pada batuan di lereng Pegunungan Kelir. Struktur kaldera yang terbentuk menyebabkan terbentuknya zona lemah batuan yang dapat dijadikan sebagai jalur larutan hidrotermal. Alterasi pada batuan andesit ditemukan pada Desa Dangkel yang ditunjukkan dengan adanya mineral

yang muncul dari hasil XRD yaitu smektit, kaolinite, hematite, halloysite, dan jarosite.

Alterasi kedua ditemukan di Desa Keningar yang berupa singkapan andesit. Mineral yang ditemukan berdasarkan hasil XRD pada batuan adalah smektit, dickite, palygorskite, diaspora, cristobalite, halotricite, kieserite. Alterasi ketiga yaitu pada Desa Kendal Duwur dengan litologinya berupa andesit. Mineral yang ditemukan dari hasil XRD adalah smektit, dickite, alunite, pirit, pyrophyllite, hematit. Alterasi keempat pada Desa Sepakung yang ditemukan pada litologi andesit. Batuan tersebut terdapat di lereng bagian timur Pegunungan Kelir

Berdasarkan karakteristik mineral ubahan yang teridentifikasi di desa Dangkel, Keningar dan Kendal Duwur, maka kumpulan mineral sekunder yang ditemukan pada daerah penelitian dikelompokkan menjadi zona argilik berdasarkan adanya mineral smektit, kaolinite, dan halloysite, dengan kisaran temperatur <math><100-150^{\circ}\text{C}</math> dan zona argilik lanjut yang ditunjukkan dengan mineral penciri yaitu dickite, alunite, diaspora, dan pyrophyllite, yang terbentuk di kisaran temperatur $230^{\circ}\text{C} - 260^{\circ}\text{C}$.



Gambar 9. Area potensial panas bumi
(Farras et al., 2017)

Berdasarkan identifikasi daerah berpotensi panas bumi di daerah sekitar Gunung Telemoyo dari pengamatan terhadap beberapa lokasi mata air hangat dan identifikasi dari data alterasi diketahui

terdapat dua area yang potensial di area kaldera Telemoyo yang memiliki luasan area yang berpotensi sebesar 3,967 km². Pada daerah Telemoyo juga dijumpai adanya batuan ubahan yang

Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai *Renewable Energy* dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang

diindikasikan merupakan zona *up flow*. Pada daerah penelitian juga dijumpai terdapat alterasi argilik - argilik lanjutan yang terdapat ada zona *up flow* yang merepresentasikan bahwa jauh dibawah daerah tersebut terdapat daerah reservoir yang mengalami proses *boiling* yang mengakibatkan terbentuknya fluida dengan dua fasa berupa air dan uap. Batuan yang mengalami alterasi di zona argilik - argilik lanjutan selanjutnya berubah menjadi *clay cap* serta diindikasikan sebagai zona penudung (Hermawan & Rezky, 2011) dan Zendi Agista dkk (Agista et al., 2014).

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu studi lebih lanjut terhadap potensi panas bumi di Gunung Telomoyo, agar dapat masuk ke dalam tahap eksplorasi dan eksploitasi sehingga bisa diproduksi secara komersial dan menghasilkan sumber energi baru di Indonesia.

III.6. Pemanfaatan Potensi Panas Bumi

Sejak zaman dulu, manusia sudah mengenal air panas dan juga mengetahui pemanfaatannya. Air panas yang berasal dari dalam bumi ini dipercaya dapat terapi pengobatan, dan hal tersebut adalah hal yang paling umum diketahui. Dalam pemanfaatan secara langsung (*direct use*), pemandian air panas adalah potensi yang layak dikembangkan bahkan jika bersamaan dengan pemanfaatan energinya.

Dalam kompleks gunung Telemoyo, potensi ini sudah dimanfaatkan, yaitu pada manifestasi air hangat Candi Umbul. Lokasi ini sebenarnya sudah ada sejak dulu yang dipercaya adalah peninggalan kerajaan Mataram. Meskipun demikian, hal ini menjadi daya tarik sendiri, sehingga keberadaan tempat ini tetap dipertahankan. Mata air ini digunakan untuk berendam yang dipercaya dapat melepas lelah dan menghilangkan penyakit kulit. Potensi yang dimanfaatkan ini tentunya menambah nilai pendapatan daerah tersebut, terlebih lagi daerah ini berada dekat dengan jalan utama sehingga dapat dikatakan posisinya cukup strategis.

Pada manifestasi Candi Dukuh, potensi ini juga dimanfaatkan untuk pemandian warga sekitar, namun tampaknya belum pernah dikembangkan untuk wisata pemandian dilihat dari keadaannya yang tidak terawat dan berada langsung ditepi danau Rawa Pening. Dari namanya, salah satu peninggalan sejarah juga dapat ditemukan disini, yaitu Candi Dukuh yang berada tidak jauh dengan mata air tersebut. Jika dilakukan pengembangan, hal ini tentunya menjadi daerah wisata yang lebih menarik dan lebih menguntungkan.

IV. KESIMPULAN

Manifestasi air panas dalam kompleks Gunung Telomoyo, diantaranya manifestasi Candi Umbul, Pakis Dadu, dan Candi Dukuh. Ketiga manifestasi ini berada pada zona outflow. Litologi yang menyusun gunung Telomoyo terdiri atas lava andesit dengan sifat basaltik berumur Kuartar. Terdapat 3 bentuk lahan yang menyusun kompleks gunung Telomoyo, diantaranya fluvial, alluvial, dan denudasional. Sistem panas bumi gunung Telomoyo berpotensi untuk dikembangkan sebagai potensi energi baru terbarukan, mengingat baru sekitar 8,9% yang dimanfaatkan dari potensi total di Indonesia.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Agista, Z., Rachwibowo, P., & Aribowo, Y. (2014). Analisis Litologi dan Struktur Geologi Berdasarkan Citra Landsat pada Area Prospek Panasbumi Gunung Telomoyo dan Sekitarnya, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. *Geological Engineering E-Journal*, 6(1), 278–293.
- Agustiyar, F. (2021). Indications of the Potential of Shale Gas for Non-Conventional Energy Sources in Indonesia. *Tadulako Science and Technology Journal*, 2(1), 17–25.
- DEN. (2019). *Outlook Energi Indonesia (OEI) 2019*. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- DITJEN EBTKE. (2020, March 26). Potensi Besar Belum Termanfaatkan, 46 Proyek Panas Bumi Siap Dijalankan [BUMN]. *Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi (EBTKE)*. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/03/27/2518/potensi.besar.belum.termanfaatkan.46.proyek.panas.bumi.siap.dijalankan>
- Farras, N., Sukmono, A., & Bashit, N. (2017). Analisis Estimasi Energi Panas Bumi Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kawasan Gunung Telomoyo). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 371–380.
- Hadimuljono, M. B., Kurniawan, P., & Rahardjo, W. (2018). *Geothermal Economics Handbook in Indonesia-Peluang Dan Tantangan*. Penerbit Andi.
- Hermawan, D., & Rezky, Y. (2011). Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Analisis Kelurusan Citra Landsat Di Candi

- Umbul-Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 6(1), 1–10.
- Hermawan, D., Widodo, S., & Mulyadi, E. (2012). Sistem Panas Bumi Daerah Candi Umbul-Telomoyo Berdasarkan Kajian Geologi Dan Geokimia. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 7(1), 1–6.
- Hutami, R. T., Aribowo, Y., & Widiarso, D. A. (2014). Studi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi Berdasarkan Data Manifestasi Panasbumi, Geokimia Dan Isotop Fluida Panasbumi Komplek Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *Geological Engineering E-Journal*, 6(1), 233–245.
- KESDM. (2022). *Energi Baru Terbarukan Berperan Besar Dalam Upaya Penurunan Emisi Di Sektor Energi* (Pers 351.Pers/04/SJI/2022). Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/energi-baru-terbarukan-berperan-besar-dalam-upaya-penurunan-emisi-di-sektor-energi>
- Ramadhan, N., Prameswari, M., & Harijoko, A. (2014). Evaluasi Kondisi Geologi Dan Geokimia Potensi Panasbumi Gunungapi Telomoyo. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-7*, 447–458.
- Sundus, B. H. (2020). *Identifikasi struktur bawah permukaan daerah prospek panas bumi dengan metode geomagnetic: Studi kasus di daerah mata air panas, Desa Padusan, Kecamatan Pacet, Kabupaten Mojokerto*.