

Karakteristik Air dan Perkiraan Suhu Reservoir Panas Bumi di Desa Kalibeber, Kecamatan Mojotengah, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah

Veronika Cendi Prameswari Putri¹⁾, Agus Bambang Irawan^{2a)}, Andi Renata Ade Yudono³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

^{a)}Corresponding author: bambang.irawan@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Desa Kalibeber merupakan salah satu desa di Kabupaten Wonosobo yang memiliki manifestasi panas bumi berupa mata air panas. Interaksi yang terjadi antara batuan dengan larutan hidrotermal dapat mengakibatkan berubahnya mineral yang dapat mempengaruhi karakteristik mata air panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan suhu bawah permukaan air panas bumi di daerah penelitian. Metode yang digunakan adalah survei dan pemetaan, uji laboratorium dan analisis geokimia air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mata air panas memiliki karakteristik yaitu termasuk tipe mata air tahunan, debit kelas V, mata air panas dengan suhu 39°C, tipe air bikarbonat serta batuan pada lokasi penelitian belum mengalami alterasi. Potensi mata air berdasarkan kualitas mata air secara fisik yaitu, tidak berbau, tidak berasa dan berwarna kuning. Suhu bawah permukaan sekitar 172°C yang termasuk entalpi sedang sehingga fluida panas bumi hanya dapat digunakan secara langsung.

Kata Kunci: Panas Bumi, Mata Air Panas; Karakteristik; Suhu; Geokimia

ABSTRACT

Kalibeber Village is one of the villages in Wonosobo Regency which has geothermal manifestations in the form of hot springs. The interactions that occur between rocks and hydrothermal solutions can result in changes in minerals that can affect hot springs. This study aims to determine the characteristics and surface temperature of geothermal water in the research area. The methods used are survey and mapping, laboratory tests, and air geochemical analysis. The results showed that the hot springs have characteristics, including annual spring types, class V discharge, hot springs with a temperature of 39 °C, bicarbonate water type, and the rocks at the research site have not changed. The potential of the springs is based on the physical quality of the springs, namely, odorless, tasteless and yellow. The temperature below the surface is around 172°C which includes only moderate enthalpy so that geothermal fluids can be used directly.

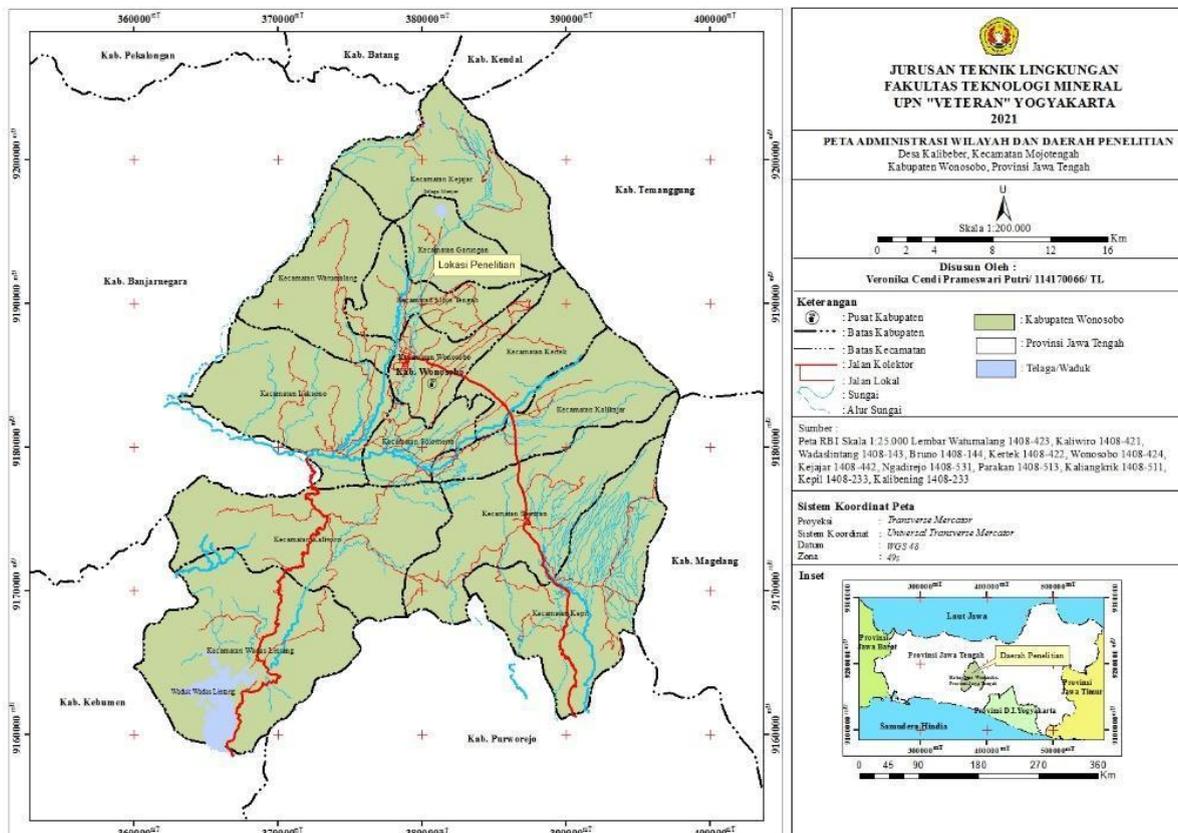
Keywords: *Geothermal; Hot Spring; Characteristics; Temperature; Geochemical*

PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan energi yang bersih dan terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan di beberapa belahan dunia. Indonesia mempunyai potensi panas bumi yang begitu besar. Potensi panas bumi di Pulau Jawa disebabkan karena adanya gerakan konvergen antara Lempeng Indo-Australia di sebelah selatan Pulau Jawa dan Lempeng Eurasia di sebelah utara Pulau Jawa (Iswahyudi, 2019). Salah satu potensi panas bumi di Pulau Jawa berada di Kabupaten Wonosobo. Manifestasi yang dapat dijumpai beragam seperti kawah, mata air panas, dan fumarol. Desa Kalibeber merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Munggang, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Pada desa ini terdapat manifestasi panas bumi berupa mata air panas. Mata air panas adalah salah satu yang menunjukkan adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Sistem panas bumi terbentuk karena adanya proses geologi yang berjalan dalam orde ratusan bahkan jutaan tahun. Airtanah dalam perjalanannya berhubungan dengan sumber panas sehingga akan terbentuk air panas kemudian uap air

dan air akan muncul ke permukaan (Umar dkk, 2020). Manifestasi panas bumi terjadi karena adanya rekahan yang membuat fluida panas menuju ke permukaan (Jamaluddin & Emi, 2017).

Adanya interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan akan mengakibatkan terubahnya mineral – mineral yang kemudian berpengaruh pada karakteristik mata air panas. Karakteristik suatu mata air panas dapat berdasarkan pada keberadaan mata air panas di suatu daerah yang terbentuk akibat aktivitas tektonik aktif dan vulkanisme. Karakteristik pada suatu mata air panas dapat diketahui dari jenis fluida air panas bumi. Jenis fluida air panas bumi berdasarkan pada klorida, sulfat, dan bikarbonat yang terkandung pada mata air panas yang akan diteliti. Temperatur pada mata air panas akan berbeda dengan temperatur air ketika berada pada reservoir. Hal tersebut disebabkan karena ketika air menuju keluar, temperatur air akan menyesuaikan dengan temperatur di permukaan sehingga temperatur air tersebut akan turun (Ibradi, 2019). Potensi energi panas bumi dapat diketahui dengan menghitung perkiraan suhu bawah permukaan dengan menggunakan persamaan geothermometer (Arrahman dan Ardian, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan perkiraan suhu bawah permukaan air panas bumi yang terdapat di Desa Kalibeber, Kecamatan Mojotengah, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Peta administrasi wilayah dan daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Administrasi Wilayah dan Daerah Penelitian

METODE

Lokasi penelitian terletak di Desa Kalibeber, Kecamatan Mojotengah, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer berupa pengukuran sifat fisik dan pengambilan sampel air. Data sekunder berupa kajian pustaka dan hasil penelitian terdahulu.

Pengukuran Fisik Air

Pengukuran sifat fisik air yang dilakukan yaitu dengan mengukur temperatur dan debit mata air panas. Pengukuran temperatur mata air dengan menggunakan termometer sedangkan pengukuran debit mata air dilakukan dengan mengukur perubahan tinggi dan volume pada bak penampung mata air panas.

Pengambilan Sampel Batuan dan Air Panas Bumi

Pengambilan sampel batuan dan air panas bumi dilakukan pada bulan Agustus 2021. Pengambilan sampel dilakukan pada batuan yang berada di lokasi penelitian serta pengambilan sampel air panas dilakukan dengan cara mengambil sampel air dengan menggunakan gayung kemudian memasukkan air ke dalam botol HDPE dengan bantuan corong dan disaring dengan kertas saring kimia lalu dilakukan pengujian air di laboratorium teruji. Pengujian sampel batuan dilakukan di Georila Petrolab Yogyakarta sedangkan air panas bumi dilakukan di laboratorium BBTKLPP Yogyakarta.

Analisis Mata Air Panas dan Sayatan Tipis Batuan

Analisis pada mata air panas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik air panas serta temperatur bawah permukaan. Karakteristik mata air panas yang dibahas berupa tipe mata air, tipe air panas bumi dan analisis sayatan tipis batuan. Tipe mata air diklasifikasikan berdasarkan kontinuitas keluarnya air, debit mata air dan suhu airtanah yang dikeluarkan oleh mata air. Menurut Hendrayana (2013) Klasifikasi mata air berdasarkan kontinuitas keluarnya air yaitu mata air tipe intermitten, tipe musiman, tipe tahunan, dan tipe periodik. Menurut Todd dan Mays (2005), klasifikasi debit mata air dapat dikelaskan berdasarkan debitnya yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Debit Mata Air

| Kelas | Debit (Liter/detik) |
|-------|------------------------|
| I | > 10.000 |
| II | 1.000 - 10.000 |
| III | 100 - 1.000 |
| IV | 10 - 100 |
| V | 1 - 10 |
| VI | 0,1 - 1 |
| VII | 0,01 - 1 |
| VIII | < 0,01 |

Sumber : Todd&Mays, 2005

Analisis sayatan tipis batuan digunakan untuk mengetahui komposisi mineral penyusun batuan pada daerah penelitian. Sayatan tipis dilakukan pada batuan yang berada di dekat mata air panas, yaitu batu andesit. Pengujian sayatan tipis batuan dilakukan di Georila Petrolab Yogyakarta. Karakteristik mata air berdasarkan tipe air panas bumi diketahui dengan melakukan perhitungan kemudian plotting pada diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃, sedangkan temperatur bawah permukaan diperoleh dengan melakukan perhitungan *geothermometer* Na/K. Klasifikasi temperatur reservoir dibagi menjadi 3 menurut SNI 13-6171-1999 mengenai Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi, yaitu temperatur rendah kurang dari 125°C, temperatur sedang antara 125-225°C dan temperatur tinggi lebih dari 225°C.

Adapun rumus yang digunakan dalam penentuan tipe Air Panas Bumi menurut Nicholson, 1993, yaitu

$$\% \text{ Konsentrasi} = \left(\frac{\text{Konsentrasi Cl/SO}_4\text{/HCO}_3}{\sum \text{Konsentrasi Cl} + \text{Konsentrasi SO}_4 + \text{Konsentrasi HCO}_3} \right) 100\%$$

Rumus penentuan suhu bawah permukaan dengan menggunakan *geothermometer* Na/K menurut Fournier, 1979 (Nicholson, 1993)

$$t^{\circ}\text{C} = 1217 / (\log (\text{Na/K}) + 1.483) - 273$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Mata Air Panas

Desa Kalibeber merupakan salah satu desa di Kabupaten Wonosobo yang terdapat manifestasi panas bumi berupa mata air panas. Mata air panas pada daerah penelitian berada pada kemiringan lereng agak curam (15-30 %) serta penggunaan lahan berupa sawah dan semak belukar. Jenis tanah yang ditemukan di lapangan adalah jenis tanah andosol dengan tekstur tanah geluh pasir. Tekstur geluh

pasiran menunjukkan komposisi pasir yang lebih tinggi dibandingkan debu. Mata air panas yang terdapat pada lokasi penelitian berwarna kuning, tidak berbau, tidak berasa, pH 6,6 serta nilai TDS yang terkandung pada mata air panas yaitu 1375 mg/L. Hal tersebut disebabkan karena banyaknya mineral yang terlarut dalam mata air panas. Karakteristik mata air panas dapat dilihat berdasarkan tipe mata air, tipe air panas bumi, dan sayatan tipis batuan.

Tipe Mata Air

Tipe mata air yang diamati dapat dilihat berdasarkan kontinuitas keluarnya air, debit mata air serta suhu airtanah.

Tipe Mata Air Berdasarkan Kontinuitas Keluarnya Air

Mata Air Panas pada daerah penelitian mengeluarkan air terus menerus baik pada musim penghujan maupun pada musim kemarau. Mata air tetap mengeluarkan air pada musim kemarau meskipun mengalami penurunan debit dibandingkan pada saat musim penghujan (Anam dkk, 2020). Berdasarkan sifat tersebut maka mata air panas pada lokasi penelitian termasuk dalam tipe mata air tahunan dikarenakan keluar pada musim penghujan dan kemarau.

Tipe Mata Air Berdasarkan Debit

Mata air panas memiliki debit sebesar 1,5452 L/detik. Berdasarkan klasifikasi tipe mata air yang dapat dilihat pada **Tabel 1**, termasuk kedalam tipe mata air kelas V

Tipe Mata Air Berdasarkan Suhu Airtanah

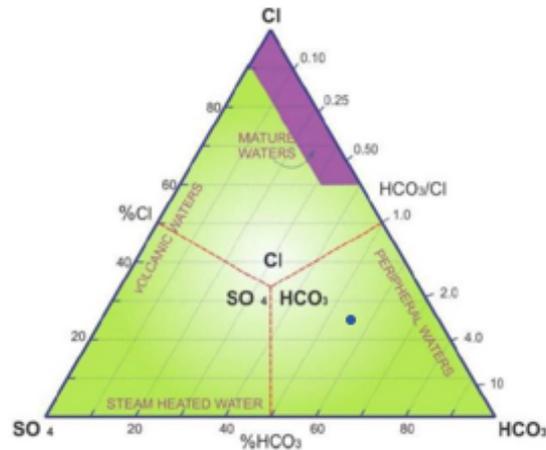
Tipe mata air panas berdasarkan suhu airtanah yang dikeluarkan oleh mata air dibagi menjadi dua, yaitu mata air dingin dan mata air panas. Menurut Hendrayana (2013), mata air panas adalah mata air yang suhu airtanahnya lebih tinggi 6 hingga 10 derajat celsius dengan suhu udara rata-rata di lingkungan mata air. Mata air panas yang terdapat pada lokasi penelitian memiliki suhu sebesar 39°C dengan suhu udara rata-rata sebesar 20-27°C. Berdasarkan suhu airtanah menunjukkan bahwa mata air pada lokasi penelitian termasuk kedalam mata air panas. Mata air panas terjadi karena adanya proses geothermal yang berkaitan dengan panas bumi di bawah permukaan tanah. Mata air panas terbentuk karena air mengalir kemudian bersentuhan dengan sumber panas yang memanaskan air kemudian keluar melalui rekahan-rekahan.

Tipe Air Panas Bumi

Penentuan tipe air panas bumi dilakukan dengan cara pengeplotan pada diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ yang diperoleh dari hasil perhitungan persentase dari unsur Klorida (Cl), Sulfat (SO₄), dan Bikarbonat (HCO₃) yang terkandung pada mata air panas di daerah penelitian (Giggenbach, 1988). Hasil uji laboratorium dan perhitungan persentase unsur Cl-SO₄-HCO₃ dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. NILAI PERSENTASE Cl – SO₄ – HCO₃

| Cl (mg/L) | SO ₄ (mg/L) | HCO ₃ (mg/L) | Jumlah Konsentrasi Ion | %Cl | %SO ₄ | %HCO ₃ |
|--------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------|------------------|-------------------|
| 449,9 | 284 | 900,6 | 1634,5 | 27,5252 | 17,3753 | 55,0994 |

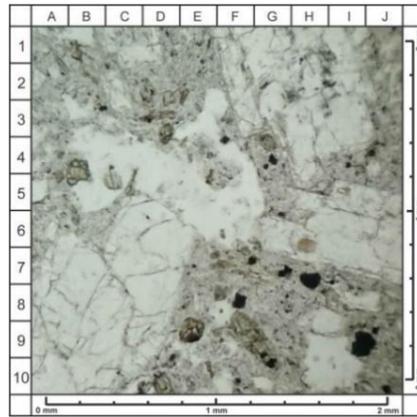


Gambar 2. Hasil Pengeplotan Diagram Segitiga Cl–SO₄–HCO₃ Mata Air Panas Pada Daerah Penelitian

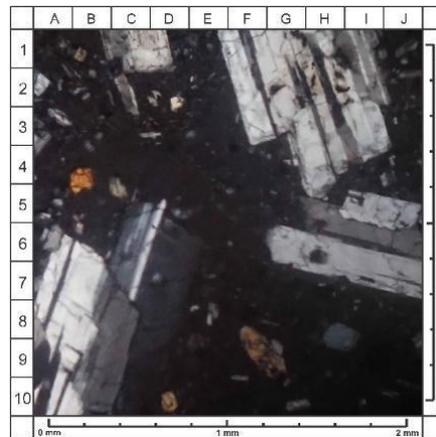
Berdasarkan hasil perhitungan dan pengeplotan pada diagram Segitiga Cl–SO₄–HCO₃ menunjukkan bahwa tipe air panas bumi pada daerah penelitian termasuk tipe bikarbonat (HCO₃) dan termasuk dalam zona *peripheral water* (Nicholson, 1933). Hal tersebut dikarenakan air panas bumi pada daerah penelitian memiliki konsentrasi unsur bikarbonat paling tinggi yaitu sebesar 900,6 mg/l. Jenis air bikarbonat terbentuk karena adanya pemanasan terhadap air meteorik oleh sumber panas yang kemudian air tersebut menguap serta terjadi kondensasi lalu menuju ke permukaan dengan kandungan bikarbonat yang dominan (Joktetimera, 2021). Pada mata air panas dengan jenis air bikarbonat biasanya memiliki pH yang netral atau mendekati netral. Hal tersebut disebabkan karena terjadinya reaksi antara air dengan batuan lokal pada saat mengalir menuju ke permukaan. Mata air panas pada lokasi penelitian termasuk zona *peripheral water*. Fluida yang termasuk *peripheral water* akan bergerak secara horizontal serta rata-rata ditemukan pada daerah yang jauh dari sumber panas. Selain itu, fluida akan mempunyai pH yang cukup netral dengan suhu yang lebih rendah apabila dibandingkan *steam heated water* (Ekananda dkk, 2017).

Sayatan Tipis Batuan

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Banjarnegara-Pekalongan skala 1:100.000, daerah penelitian termasuk dalam formasi Gunung Api Sindoro (Qsu). Satuan batuan pada formasi Gunung Api Sindoro terdiri dari lava andesit hipersten-augit, basal olivin-augit, breksi aliran, breksi piroklastika dan lahar. Daerah penelitian dengan Formasi Gunung Api Sindoro dijumpai singkapan breksi dengan fragmen berupa batu andesit. Keterdapat singkapan batuan terutama pada sekitar mata air panas dapat menunjukkan karakteristik pada mata air panas karena air panas bumi akan melewati batuan sebelum ke permukaan sehingga akan membuat mineral penyusun batuan akan mengalami perubahan. Perubahan komposisi mineral pada suatu batuan karena adanya interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan akan menyebabkan munculnya alterasi batuan. Proses alterasi akan membuat terubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder (Irawan, 2020). Pada sayatan tipis batuan dilakukan pada batuan yang berada di dekat mata air panas. Berdasarkan uji laboratorium didapatkan bahwa batu andesit yang diuji belum mengalami alterasi batuan. Komposisi mineral batu andesit terdiri dari plagioklas berwarna cerah dengan kelimpahan 40%, piroksen-orto yang berwarna coklat cerah mulai berubah menjadi klorit dengan kelimpahan 3% dikarenakan mengalami pelapukan, massa dasar yang terdiri dari mikrolit kuarsa, mikrolit feldspar dan gelas vulkanik yang menyebar pada sayatan dengan kelimpahan 43%, dan terdapat mineral opak dengan kelimpahan 8%.



Gambar 3. Hasil Sayatan Tipis Batu Andesit (Plane Polarized Light)



Gambar 4. Hasil Sayatan Tipis Batu Andesit (Cross Polarized Light)

Perkiraan Suhu Bawah Permukaan

Interpretasi temperatur bawah permukaan pada mata air panas dengan menggunakan metode *geothermometer* yaitu *geothermometer* Na/K. *Geothermometer* Na/K akan memberikan hasil yang baik pada beberapa air panas bumi dengan suhu yang tinggi namun tidak baik apabila digunakan pada air panas bumi dengan suhu permukaan yang rendah serta konsentrasi kalsium tinggi (Wowa dan Wiloso, 2017).

Hasil Perhitungan *geothermometer* Na/K:

Diketahui :

Na = 624 mg/L (Hasil Uji Laboratorium)

K = 35 mg/L (Hasil Uji Laboratorium)

$$\begin{aligned}
 T &= [1217 / ((\log \text{Na/K}) + 1.483)] - 273 \\
 &= [(1217 / ((\log 624/35) + 1,483))] - 273 \\
 &= 172,119 = 172^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *geothermometer* Na/K perkiraan temperatur reservoir pada mata air panas adalah 172°C yang termasuk manifestasi panas bumi dengan berentalpi sedang (125°C - 225°C). Sistem panas bumi dengan temperatur sedang menunjukkan bahwa mata air panas pada daerah penelitian hanya dapat dimanfaatkan secara langsung. Pada temperatur yang tinggi dapat digunakan sebagai pembangkit listrik sedangkan air panas bumi dengan temperatur yang sedang digunakan untuk mengobati penyakit, pemandian dan lainnya (Syarifah dkk, 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa mata air pada lokasi penelitian termasuk mata air panas dengan suhu 39°C, berwarna kuning, tidak berbau, tidak berasa, pH 6,6 dan nilai TDS yang terkandung pada mata air panas yaitu 1375 mg/L. Mata air panas pada lokasi penelitian termasuk mata air tahunan karena mengalir pada musim penghujan dan musim kemarau. Berdasarkan hasil perhitungan debit mata air didapatkan sebesar 1,5452 L/detik dan masuk kedalam tipe mata air kelas V. Air panas bumi pada mata air panas termasuk tipe air bikarbonat dan termasuk dalam zona *peripheral water* serta batuan yang berada dekat dengan mata air panas belum mengalami alterasi. Suhu bawah permukaan adalah 172°C yang termasuk manifestasi panas bumi dengan berentalpi sedang sehingga hanya dapat dimanfaatkan secara langsung

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini serta masyarakat dan perangkat Desa Kalibeber yang telah memberikan izin sehingga penelitian ini dapat dilakukan. Kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan baik karena penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, Mufi Bustomi, Sari Bahagiarti Kusumayudha, dan Andi Renata Ade Yudono. (2020). Pengelolaan Mata Air Karst Sebagai Sumber Air Domestik Di Dusun Duwet, Desa Purwodadi, Kecamatan Tepus, Gunung Kidul, D.I.Yogyakarta. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 4 (2).
- Arrahman, Rahmat dan Ardian Putra. (2015). Perkiraan Suhu Reservoir Panas Bumi dari Sumber Mata Air Panas di Nagari Panti, Kabupaten Pasaman Menggunakan Persamaan Geothermometer sebagai Dasar Penentuan Potensi Panas Bumi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(4), 391-396
- Badan Standardisasi Nasional. *Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi*. (SNI 13-6171-1999), <https://docplayer.info/29763116-Standar-nasional-indonesia-sni-ics-sni-metode-estimasi-potensi-energi-panas-bumi-badan-standardisasi-nasional-bsn.html>
- Ekananda dkk. (2017). Distribusi dan Karakteristik Manifestasi Geothermal Berdasarkan Data Mineral Alterasi dan Geokimia: Studi Kasus Gedongsongo, Ungaran, Jawa Tengah. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-10 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Infrastruktur di Indonesia 13-14 September 2017; Grha Sabha Pramana*
- Giggenbach, WF. (1988). *Chemical Techniques in Geothermal Exploration* Chemistry Division, DSIR, Private Bag.
- Hendrayana. H. (2013). Hidrogeologi Mata Air. *Jurnal Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM Yogyakarta*
- Irawan, Andri. (2020). Studi Alterasi Hidrotermal Berdasarkan Analisis X-Fray Diffraction Daerah Ciselok, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Eksakta Kebumihan*, 1.
- Iswahyudi, Sachrul, dkk. (2019). Kontrol Struktur Geologi Pada Kemunculan Mata Air Panas Bumi Daerah Subang, Jawa Barat. *Jurnal Geosaintek*, 5.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology*, Third Edition. John Wiley and Sons, Inc.
- Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L. (2000). *Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources*, In *Encyclopedia of Volcanoes*, H.Sigurdsson, B.F. Houghton, S.R., McNutt, H., Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press.
- Ibradi A.D, E, Sutriyono, dan S.N. Jati. (2019). Kajian Geokimia Mata Air Panas Sebagai Manifestasi Geothermal Daerah Kamojang, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. *Seminar Nasional AVoER*
- Jamaludin dan Emi Prasetyawati Umar. (2017). Karakteristik Fisik dan Kimia Mata Air Panas Daerah Barasangka, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geoceleb*, 1
- Joktetimera, Gabriela Georgina dkk. (2021). Karakteristik Geokimia Fluida dan Perkiraan Temperatur Bawah Permukaan Bumi Temperatur Sedang Daerah Larike dan Tulehu Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. *Padjadjaran Geoscience Journal*
- Nicholson, Keith. 1993. *Geothermal Fluids: Springer Verlag*. Germany.

- Syarifah, Laelatus, Agus Bambang Irawan, dan Dian Hudawan Santosa. (2021). Pemanfaatan Air Panas Bumi Untuk Terapi Penyakit Kulit di Desa Sumberarum, Kecamatan Tempuran, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-III, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta 2021*.
- Umar, Emi Prasetyawati dkk. (2020). Analisis Fluida dan Pemanfaatan Mata Air Panas Daerah Sulili, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geosaintek*, 6
- Wowa, Fadri dan Danis Agoes Wiloso. (2017). Studi Geokimia Untuk Pendugaan Suhu Reservoir Panas Bumi Berdasarkan Analisis Solute Geothermometer di Desa Pablengan, Kecamatan Matesih, Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-10 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Infrastruktur di Indonesia 13-14 September 2017; Grha Sabha Pramana*