

Analisis Keberadaan Manifestasi Panas Bumi Terhadap Keseimbangan Lingkungan Sekitar Desa Talawaan Bantik

Angelika Kristi Nilahi^{1)*}, Cyrke Adfie Netty Bujung²⁾, Jeilen Gabriela Nikita Nusa³⁾,
Alfrie Musa Rampengan⁴⁾

²Program Studi Fisika, Universitas Negeri Manado, Kabupaten Minahasa, 95618, Indonesia

*Corresponding author. E-mail: angelikanilahi02@gmail.com

Diterima 26 Agustus 2024; Disetujui 30 Oktober 2024

ABSTRAK

Energi sangat penting bagi manusia, selain itu lingkungan juga mempunyai peran penting yang sama, dengan kata lain energi dan lingkungan mempunyai keterkaitan yang tidak dapat dipisahkan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbedaan kandungan kimia dan sifat fisik air manifestasi panas bumi dan air sumur warga, serta untuk mengetahui apakah kandungan air manifestasi mempengaruhi air sumur warga sekitar. Sampel penelitian terdiri dari mata air panas dan air sumur warga, dimana sifat fisik dan kimia yang diamati adalah: Temperatur, pH, DHL, Cl, Fe, H₂S, SO₄. Hasil pengukuran dan pengujian sampel yang di dapatkan kemudian di analisis secara deskriptif. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu untuk sifat fisik dan kandungan kimia dari Cl, Fe, H₂S, dan SO₄ tidak terdapat perbedaan yang begitu jauh untuk hasil analisa kandungan, sedangkan untuk nilai DHL, Temperatur dan pH ada terdapat perbedaan yang cukup jauh, tetapi masih berada dibawah nilai baku mutu air bersih.

Kata kunci : Energi, manifestasi panas bumi, lingkungan, sifat fisik, sifat kimia

ABSTRACT

Energy is very important for humans, apart from that the environment also has the same important role, in other words energy and the environment are inseparably linked. This research aims to see the differences in the chemical content and physical properties of geothermal manifestation water and residents' well water, as well as to find out whether the manifestation water content affects local residents' well water. The research samples consisted of hot springs and local well water, where the physical and chemical properties observed were: Temperature, pH, DHL, Cl, Fe, H₂S, SO₄. The results of measurement and sample testing obtained were then analyzed descriptively. The result obtained from this research are that for the physical properties and chemical content of Cl, Fe, H₂S, and SO₄ there is not much difference in the content analysis results, while for the DHL, Temperature and pH values there are quite large differences, but still is below the standard value for clean water quality.

Keywords : Energy, geothermal manifestation, environment, physical properties, chemical properties.

1. PENDAHULUAN

Lingkungan merupakan aspek yang sangat penting dalam keberlangsungan kehidupan manusia. Namun sayangnya dengan semakin modernnya dunia lingkunganpun mulai tercemar karena berbagai pengaruh. Dari tanah yang kita tanami dan air yang kita minum sampai udara yang kita hirup, lingkungan telah menerima dampak yang sangat besar untuk semua itu (Setiawan 2013).

Panas bumi (*geothermal*) adalah sumber daya alam berupa air panas atau uap yang terbentuk didalam reservoir bumi melalui pemanasan air bawah permukaan oleh batuan panas. Sistem panas bumi merupakan salah satu sistem yang terjadi dalam proses geologi yang berjalan dalam orde ratusan bahkan jutaan

tahun yang dewasa ini membawahkan manfaat bagi manusia baik dimanfaatkan dengan menjadikan manifestasi untuk pariwisata maupun pemanfaatannya untuk pertanian dan peternakan (Winarsih,2014).

Salah satu daerah yang menunjukkan kenampakan manifestasi panas bumi adalah Desa Talawaan-Bantik, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, dimana terdapat sumber mata air panas. Melalui Desa Talawaan-Bantik, saya ingin mempelajari mengenai keberadaan manifestasi dan kaitannya dengan lingkungan terlebih khusus dilihat dari beberapa kandungan kimia dan sifat fisik antara keberadaan mata air panas dengan sumber air warga.

Dengan demikian, penelitian ini

bertujuan untuk mengetahui perbedaan kandungan kimia sifat fisik antara mata air panas bumi dengan air sumur warga di Desa Talawaan Bantik, Kec.Wori, Kab.Minahasa Utara dan juga untuk mengetahui pengaruh dari keberadaan mata air panas bumi terhadap air sumur warga disekitar daerah manifestasi yang ada di Desa Talawaan Bantik.

2. KAJIAN LITERATUR

Energi panas bumi

Energi panas bumi juga dikenal dengan nama energi geothermal yang berasal dari bahasa Yunani. Dalam bahasa Yunani kata “*geo*” memiliki arti bumi dan kata “*thermal*” memiliki arti panas jadi jika di gabungkan kata *geothermal* memiliki arti panas bumi

Menurut undang-undang nomor 27 tahun 2003 tentang panas bumi, sumber daya panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya di perlukan proses penambangan yang dapat di manfaatkan untuk pembangkitan tenaga listrik atau pemanfaatan langsung lainnya

Menurut (Toth dan Bobok 2017) energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari kerak, mantel, dan inti bumi dengan suhu yang tinggi, ketika komponen bumi beradab dalam kondisi yang lebih panas dari pada kondisi di permukaan maka energi panas akan terus berpindah dari kondisi bawah permukaan yang lebih panas menuju ke permukaan melalui *impermeable rock*.

Sistem panas bumi sendiri di golongan menjadi: batuan *reservoir*, fluida *reservoir*, yang berperan menghantarkan panas ke permukaan tanah, dan batuan panas (*heat rock*) atau magma sebagai sumber panas (Goff and Cathy 2000).

Energi panas bumi Indonesia

Pencarian energi panas bumi di Indonesia sendiri pertama kali dilakukan pada tahun 1918 yang dilakukan di kawah Kamojang. Kemudian pada selang waktu antara tahun 1926-1929 telah ditemukan 5 sumur eksplorasi dimana dari ke-5 sumur tersebut, salah satunya masih beroperasi sampai sekarang, yaitu sumur KMJ-3, (Saptadji,2012).

Manifestasi panas bumi

Manifestasi adalah kenampakan dari keberadaan sistem panas bumi yang muncul ke permukaan. Manifestasi panas bumi di permukaan di perkirakan terjadi karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap dan air panas) mengalir ke permukaan (Saptadji, 2012).

Hidrogeologi geothermal

Pencapaian keberhasilan dan pengembangan dari suatu lapangan panas bumi akan sangat dipengaruhi oleh berbagai hal antara lain pengetahuan tentang reservoir, teknologi sumur injeksi, dan hidrogeologi

Beberapa ahli seperti (Nicholson 1993), (Gupta dan Roy 2007), dan (simmons 1994) mengungkapkan bahwa sistem hidrogeologi lapangan panas bumi dan sistem reservoir merupakan 2 objek yang saling terkait, karena pada sistem panas bumi, keberadaan fluida pada reservoir biasanya sangat dipengaruhi oleh keberadaan air tanah, khususnya air tanah yang berasal dari air permukaan atau air meteorik.

Melihat pentingnya dari daerah imbuhan pada sistem panas bumi ini maka perlu di lakukan penelitian serta pemahaman tentang sistem hidrogeologi pada lapangan panas bumi yang dimaksudkan untuk mengetahui daerah imbuhan (*recharge area*) dan daerah konserfasinya.

Hidrogeologi Air Tanah

Menurut (Rahim 2013) air tanah dapat di definisikan sebagai semua air yang terdapat dalam ruang batuan dasar atau regolith. Dapat juga disebut aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan. Kebanyakan air tanah berasal dari air hujan. Air hujan meresap kedalam tanah menjadi bagian dari air tanah. Banyaknya air tanah yang meresap bergantung pada selain ruang dan waktu juga dipengaruhi kecuraman lereng. Air yang berasal meresap kebawah tanah akan terus bergerak kebawah sampai mencapai lapisan tanah atau batuan yang jarak antar butirannya sangat-sangat sempit yang tidak memungkinkan bagi air untuk melewatinya. Lapisan seperti ini disebut lapisan aquitard.

Yusuf Mehdi Toisuta et al (2021) , Melakukan penelitian tentang Pendugaan temperatur bawah permukaan pada manifestasi panas bumi berdasarkan analisis geokimia air panas daerah kecamatan Tehoru, kabupaten Maluku Tengah,

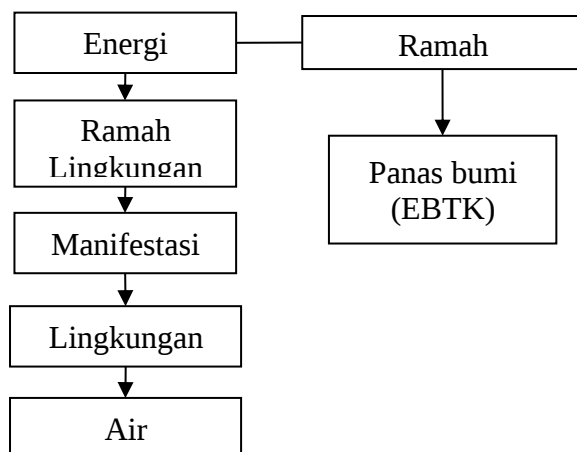
provinsi Maluku. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik fluida panas bumi dan perkiraan temperatur bawah permukaan. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu pengamatan lapangan di analisis berdasarkan data hasil laboratorium kimia mata air panas (THR-1, THR-2 dan THR-3).

Penelitian oleh Badrun Ahmad et al. (2023) melakukan penelitian tentang Analisis Sistem Penyaringan Air Bersih Pada Air Sumur Warga Di Kelurahan Fitu Kota Ternate Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi pencemaran air sumur dan mengetahui efektivitas media filter yang digunakan di Kelurahan Fitu Kota Ternate dari parameter Fisika dan Kimia. Parameter Fisika antara lain yaitu bau, total dissolved solid (TDS), kekeruhan, dan suhu. Sedangkan parameter kimia yaitu kadar Fe (besi), Mn(Mangan) dan pH.

Penelitian oleh Emi Prasetyawati Umar et al. (2020) melakukan penelitian tentang Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Kemunculan Mata air panas Daerah Sulili Pinrang Sulawesi Selatan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis struktur geologi mata air panas dan mengetahui pengaruh geologi terhadap munculnya mata air panas di Daerah Sulili. Metode yang digunakan adalah metode sampling dan analisis data kekar.

Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian untuk menganalisis berapa faktor-faktor yang bisa di lihat pada gambar 1



Gambar 1. Kerangka Pemikiran vertikal.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di sumber mata air panas dan sekitarnya yang berada di

Desa Taalawaan-Bantik, Kec. Wori, Kab.Minahasa Utara bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

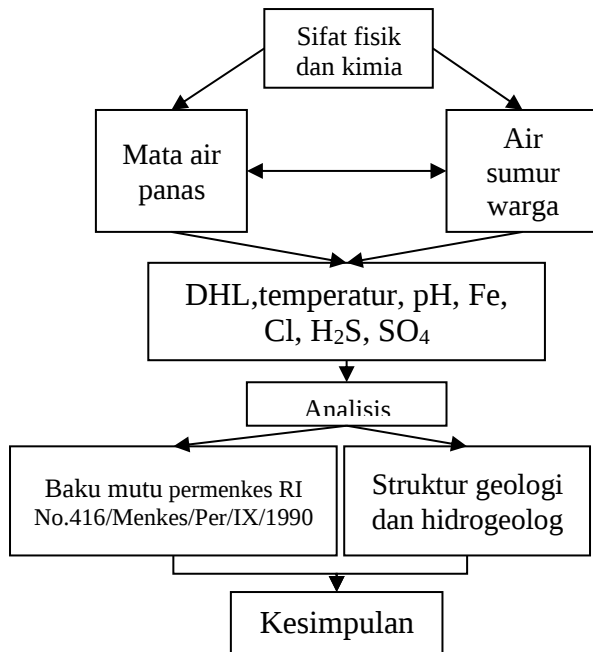
Dari penelitian ini ada beberapa alat yang digunakan, yaitu alat tulis digunakan untuk mencatat data, Gps digunakan untuk menentukan koordinat lokasi, pH meter digunakan untuk menentukan pH air, Termometer digunakan untuk mengukur suhu air dan tanah, botol sampel digunakan untuk menyimpan sampel air, DHL digunakan untuk meneruskan aliran listrik, H₂S digunakan untuk mengetahui bau air, Cl digunakan sebagai desinfektan pada pengolahan air minum, SO₄ digunakan untuk melakukan perbandingan pada air.

Desain penelitian/Jenis penelitian

Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif. Proses penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah yang berkaitan dengan judul penelitian dan latar belakang penelitian, kemudian dilakukan studi literatur untuk mencari referensi penelitian yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan serta mempelajari dasar-dasar teori yang dapat dijadikan acuan dan mendukung penelitian. Setelah itu penelitian pertama dilakukan dengan melakukan survei lapangan, kemudian menentukan lokasi tempat penelitian. Setelah lokasi penelitian telah ditentukan, maka selanjutnya menetapkan waktu penelitian.

Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Teknik pengolahan data

Penelitian terdiri dari 2 yaitu : 1). Mata air panas; 2). Air sumur warga. Dari sampel penelitian yang di ambil kita mengamati sifat fisik dan kimia air antara air sumur warga dan mata air panas manifestasi panas bumi. Sifat fisik dan kimia yang di amati adalah temperatur, DHL, PH, Fe, Cl, H₂S, SO₄. Nilai sifat fisik dan kimia yang di dapatkan di analisis secara deskriptif. Analisis deskriptif dilakukan dengan cara membandingkan nilai sifat fisik dan kimia dari mata air panas dan air sumur warga yang mengacu dibatasi pada nilai baku mutu air bersih Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 dan struktur geologi dan hidrogeologi dari analisis deskriptif tersebut kemudia kita menarik kesimpulan apakah keberadaan manifestasi panas bumi mempengaruhi kandungan air sumur warga.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini berupa pengamatan manifestasi mata air panas, air sumur warga, pengambilan data dan pengambilan sampel air untuk analisis sifat fisik dan kimia. Secara administrasi lokasi penelitian ini terletak di desa Talawaan Bantik, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan terdapat dua titik manifestasi mata air panas yang terhubung dan satu titik air sumur warga dengan jarak yang di ukur antara mata air panas dan air sumur warga kurang lebih 4m. Sampel yang diteliti adalah mata air panas dan air

sumur warga. Proses pengambilan sampel dilakukan langsung oleh peneliti, dimana sampel yang di ambil masing-masing 1L. Setelah itu peneliti melakukan uji langsung di lapangan dengan parameter yang di uji adalah temperatur dan pH air dan kemudian sampel yang disimpan dalam wadah di bawah ke Laboratorium SGS WLN Manado, Sulawesi Utara untuk dilakukan pengujian dengan parameter yang di uji adalah DHL, Fe, Cl, H₂S, SO₄. Proses penelitian yang dilakukan di Laboratorium SGS WLN Manado memerlukan waktu selama 1 bulan, sesuai dengan ketentuan prosedur penelitian sampel yang berlaku di laboratorium SGS WLN Manado. Kemudian hasil penelitian laboratorium di ambil pada tanggal 29 April 2024.

Hasil uji lapangan

Hasil uji lapangan bisa dilihat pada Tabel

1.

Tabel 1. Hasil uji lapangan

Mata air panas		Air sumur warga	
Temperatur (c)	pH	Temperatur (c)	pH
63	5,8	26	8,6

Hasil Uji Laboratorium

Hasil uji laboratorium mata air panas bisa dilihat pada Tabel 2, dan hasil uji laboratorium air sumur warga bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil uji laboratorium mata air panas.

Parameter	Satuan	Hasil	Geologi	Metode uji	Referensi
DHL	Ms/cm	0.424	n/a	APHA-2510-B(2017)	Q
Klorida (Cl)	mg/L	2.8	n/a	WI-(ID)-[EHS]-LA-005 (Spektrofotometri)	Q
Sulfat (SO ₄)	mg/L	<5	n/a	APHA-4500SO42-E (2017)	Q
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	<0.008	n/a	APHA-4500S2-H (2017)	Q
Besi (Fe)	mg/L	0.03	n/a	PHA-3120-B(2017)	Q

Tabel 3. Hasil uji laboratorium air sumur warga.

Para meter	Sat uan	Has il	G R L	Metode Uji	Re m Q
DHL	$\mu\text{S}/\text{cm}$	14.21	n/a	APHA-2150-B(2017)	Q
Klori da (Cl)	mg/L	2.1	n/a	WI-(ID)-[EHS]-LA-005 (Spektofotometri)	Q
Sulfat (SO_4)	mg/L	<5	n/a	APHA-4500 SO_4^{2-} E(2017)	Q
Sulfid a (H_2S)	mg/L	<0.002	n/a	APHA-4500 S^{2-} -H (2017)	Q
Besi (Fe)	mg/L	0.03	n/a	APHA-3120-B(2017)	Q

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan yang dilakukan di lapangan untuk temperatur dan pH air, dapat dilihat bahwa temperatur air manifestasi berada pada 63°C dan dalam keadaan tidak mendidih, yang artinya temperatur saturasi dari mata air panas adalah 63°C. nilai temperatur dan saturasi bergantung pada tekanan dan kandungan-kandungan kimia dari fluida tersebut. Pada tekanan yang sama, fluida dengan kandungan *non-condensable gas* memiliki temperatur saturasi lebih rendah dari pada air murni, semakin besar kandungan *non-condensable gas* temperatur saturasi fluida akan menjadi lebih rendah.

Nilai pH air pada mata air panas tersebut masi tergolong rendah karena hanya 5,8 dan masih bersifat asam, yang mengindikasikan bahwa mata air panas tersebut merupakan jenis fluida panas bumi air DHL. Keberadaan air DHL ini biasanya ditandai dengan adanya 2 sumur panas bumi yang berdekatan.

Hasil pengukuran air sumur warga dengan Temperatur berkisar normal yaitu 26°C dengan pH 8,6 kondisi ini berada dalam kisaran yang relatif aman untuk dikonsumsi dan digunakan oleh manusia dalam kegiatan sehari-hari. Air sumur warga berasal dari tanah dangkal, yang biasanya untuk air tanah dengan pH >7 adalah sedikit basa, tetapi masih dalam

batas yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia. Petunjuk penting dari keberadaan nilai pH diatas, tidak ada indikasi pencemaran baik karena aktivitas manusia maupun proses alami.

Bisa dilihat bahwa berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan, temperatur mata air panas yang tinggi dan pH yang cukup rendah tidak mempengaruhi temperatur dan pH air sumur warga, walaupun jaraknya sangat dekat dan bisa dikatakan bahwa, baik temperatur maupun pH antara air manifestasi dan air sumur warga dalam keadaan normal.

Daya Hantar Listrik (DHL)

DHL merupakan daya hantar listrik yang artinya kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan listrik atau singkatannya kemampuan air meneruskan listrik. Kandungan DHL, pada mata air panas berkisar 14,21 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dan nilai DHL pada air sumur warga berkisar 0,424 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai DHL mata air panas lebih tinggi dari pada nilai DHL air sumur warga, hal ini menunjukkan bahwa mata air panas memiliki kandungan anion dan kation yang lebih banyak dari pada kandungan anion dan kation pada air sumur warga. Dimana anion kation adalah kandungan ion positif dan negatif yang menghantarkan listrik. Sesuai dengan teori, bahwa semakin banyak kandungan ion dalam fluida maka nilai daya hantar listrik menjadi semakin besar.

Ditinjau dari jenis air berdasarkan nilai DHL, maka untuk mata air panas tergolong jenis air tanah, dimana kisaran nilai DHL pada jenis air ini adalah 20-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hal tersebut terjadi dengan kemungkinan akibat keluarnya air tanah dari kerak bumi setelah dipanaskan secara geothermal. Nilai DHL air sumur warga menunjukkan bahwa jenis air tersebut adalah air destilasi.

Klorida (Cl)

Untuk kandungan klorida mata air panas 2.1 mg/L sedangkan untuk air sumur warga 2.8 mg/L. Baku mutu air bersih untuk kandungan klorida (Permenkes Ri No. 416/Menkes/Per/IX/1990) berada pada nilai 600 mg/L, sesuai dengan metode uji WI-(ID)-[EHS]-LA-005(spektrofotometri). Jadi, berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium, dapat kita lihat bahwa ada perbedaan antara kandungan klorida dari kedua sampel tersebut, namun tidak mempunyai

pengaruh yang berarti. Dimana kandungan klorida yang terdapat pada mata air panas dan sumur warga nilainya sangat kecil dibandingkan dengan nilai baku mutu air bersih. Klorida merupakan salah satu kandungan yang dimiliki air tanah.

Nilai kandungan klorida yang hampir sama antara mata air panas dan air sumur warga menunjukkan bahwa sumber dari kandungan klorida tersebut berasal dari sumber yakni air tanah.

Sulfat (SO₄)

Sulfat adalah kandungan yang sejenis dengan anion poliatom yang secara luas terdistribusi baik di alam maupun di air alam. Berdasarkan hasil uji laboratorium kandungan sulfat pada air sumur warga <5 mg/L tidak melebihi nilai baku mutu yang ada, sedangkan kandungan sulfat pada mata air panas <5 mg/L dari nilai baku mutu 400 mg/L. Sesuai dengan metode uji APHA-4500SO₄²⁻E(2017). Berdasarkan data di atas dapat kita lihat bahwa kandungan sulfat pada air sumur warga sama dengan kandungan sulfat mata air panas.

Sulfida (H₂S)

Kandungan hidrogen sulfida yang diuji di laboratorium untuk mata air panas 0,008 mg/L, sedangkan untuk kandungan hidrogen sulfida air sumur warga lebih rendah dari mata air panas yaitu 0,002 mg/L. Sesuai dengan uji method APHA-4500S₂-H(2017) yang mengacu pada buku mutu air bersih (Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990). Hal tersebut sesuai dengan teori yang ada bahwa kandungan hidrogen sulfida untuk fluida panas bumi memiliki nilai hidrogen sulfida yang lebih tinggi karena hidrogen sulfida terbentuk oleh zat-zat organik yang membusuk, dimana lokasi pembentukannya berada jauh di bawah permukaan bumi.

Besi (Fe)

Besi umumnya tidak terdapat dalam keadaan terlarut dalam ekosistem air. Jika kejenuhan oksigen berada di bawah 50% dan mengandung banyak karbondioksida terlarut serta mempunyai nilai pH lebih rendah dari 7,5 hal itu akan menyebabkan besi terdapat dalam bentuk terlarut. Berdasarkan hasil uji laboratorium untuk kandungan besi (Fe), bisa dilihat untuk kandungan Fe mata air panas berada pada nilai 0.03 mg/L. sama halnya dengan kandungan Fe mata air panas.

Kandungan Fe air sumur warga juga bernilai sama yaitu 0.03 mg/L. jadi nilai Fe <1,0 yang artinya kandungan Fe baik di mata air panas dan air sumur warga mempunyai nilai yang tidak melebihi baku mutu, dimana nilai baku mutu untuk besi yaitu 1,0 mg/L sesuai dengan baku mutu air bersih (permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990) yang mengacu pada metode uji APHA-3120-B(2017).

Keseluruhan Sifat Fisik, Kimia dan Hidrogeologi

Dari analisa perbandingan kimia (Fe, Cl, H₂S, SO₄) dan sifat fisik (Temperatur, DHL, pH) antara manifestasi mata air panas dan air sumur warga menunjukkan bahwa keberadaan manifestasi mata air panas tidak mempengaruhi keberadaan mata air sumur warga, hal tersebut dibuktikan dengan kandungan kimia yang diteliti tidak melebihi batas baku mutu air bersih. Air sumur warga berasal dari tanah dangkal karena sumur tersebut merupakan sumur galian bukan sumur bor.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk sifat fisik dan kandungan kimia dari Fe, H₂S, Cl, dan SO₄ tidak terdapat perbedaan yang begitu jauh untuk hasil analisa kandungan, sedangkan untuk nilai DHL, Temperatur, pH ada terdapat perbedaan yang cukup jauh, tetapi masih berada di bawah nilai baku mutu air bersih.
2. Keberadaan manifestasi panas bumi berupa mata air panas tidak mempengaruhi air sumur warga yang berada di sekitar daerah manifestasi panas bumi dilihat dari sifat fisik, kimia dan struktur geologi serta hidrogeologi

6. REFERENSI

- Anika Toth and Elemer Bobok (2017). Flow and Heat in Geothermal Systems. Chapter 1- What Is Geothermal Energy?,
Badrin Ahmad, Sudirman Hi Umar, Muhamad Taufiq 2023. Journal of Science And Engineering 6(1)
Emi Prasetyawati Umar, Habibie Anwar, Jamal Rauf Husain, Sitti Muharni 2020. Journal Geoelebes 4 (1),41-45

- Goff, F. and Cathy J.J., 2000. Encyclopedia of Volcanoes: Geothermal System, Academic Press. 817-834 pp
- Gupta, H., Dan Roy, S., 2007, Geothermal Energy: An Alternative Resource For The 21st Century, Elsevier, Belanda
- Nicholson, K., 1993 Geothermal Fluids, Springer Verlag, Inc., Berlin.
- Rahim A. 2013, "Hidrogeologi Air Tanah"
- Setiawan, S., 2013, Energi Panas Bumi dalam Kerangka MP3EI, jurnal energi Indonesia, Vol 1, No.1.
- Suptadji, N., M., (2012). "Catatan Kuliah Teknik Panas Bumi", Penerbit ITB: Bandung
- Winarsih, F. P., (2014), Identifikasi Litologi daerah Manifestasi Panas Bumi Parangwedang Kabupaten Bantul DIY dengan Metode Magnetik, Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi, Uin Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Yusuf Mehdi Toisuta, H Agus Didit, Johannes Hutabarat, Dewi Gentana (2021), Geoscience Journal 5 (3),267-279.