



## Identifikasi Sebaran Suhu Air Panas Terhadap Manifestasi Panas Bumi di Desa Tempang Dua Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara

Verna Albert Suoth<sup>a</sup>, As'aria<sup>a\*</sup>, Yusmadi H.M. Said<sup>a</sup>, Hesky Stevi Kolibu<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Jurusan/Prodi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sam Ratulangi

### KATA KUNCI

Suhu  
Mata Air Panas  
Elevasi

### ABSTRAK

Panas bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan. Adanya sumber panas bumi bawah permukaan tanah tergambar dari munculnya manifestasi panas bumi. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan sebaran temperatur permukaan tanah dan mengetahui pola gradien temperatur di sekitar manifestasi panas bumi Desa Tempang Dua, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dengan mengukur temperatur air sumur, mata air panas dangkal, dan tanah beruap menggunakan termometer yang dilakukan pada siang hingga sore hari. Hasil penelitian di dapatkan sebaran suhu air dengan temperatur 28°C-90°C dengan elevasi berkisar 724-760 m dan kedalaman permukaan air sumur 0-23 meter. Pola sebaran suhu yang diperoleh menunjukkan kecenderungan di area yang lebih tinggi pada peta kontur memiliki suhu air paling tinggi.

### KEYWORDS

Temperature  
Hot Spring  
Elevation

### ABSTRACT

Geothermal is one of the natural resources that has great potential to be utilized as a renewable energy source. The existence of subsurface geothermal sources is illustrated by the emergence of geothermal manifestations. This study was conducted to map the distribution of land surface temperature and determine the temperature gradient pattern around the geothermal manifestation of Tempang Dua Village, Minahasa Regency, North Sulawesi. This study used a field observation method by measuring the temperature of well water, shallow hot springs, and steamy soil using a thermometer conducted in the afternoon to evening. The results of the study obtained the distribution of water temperature with a temperature of 28° C-90°C with an elevation ranging from 724-760 masl and a depth of the well water surface of 0-23 meters. The temperature distribution pattern obtained shows a tendency in the higher areas on the contour map to have the highest water temperature.

### TERSEDIA ONLINE

01 Februari 2025

### Pendahuluan

Panas bumi merupakan sumber daya alam yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan. Energi panas bumi ini berasal dari aktifitas tektonik di dalam bumi. Panas bumi merupakan energi yang bukan saja alternatif yang baik untuk dikembangkan, tetapi juga sumber energi yang ramah lingkungan untuk bisa dikembangkan lebih optimal (Hadi dan Refrizon, 2013). Farhan *et al*, (2021) melakukan penelitian dengan judul "Identifikasi Zona Prospek Panas Bumi Menggunakan Digital Elevation Model Dengan Metode Densitas Kelurusan Dan Identification of

Geothermal Prospect Zone Using Digital Elevation Model With Liniament Density and Land Surface Temperature Method in Seulewah" dan didapatkan bahwa zona dengan prospek panas bumi memiliki kelurusan densitas tinggi (struktur sangat rapat), suhu rata-rata permukaan pada tingkat sedang-tinggi, dan rapat vegetasi cenderung rapat sedang. Terdapatnya suatu sistem panas bumi, umumnya dapat diketahui dari manifestasi panas bumi yang muncul di permukaan berupa kemunculan air panas, uap air, atau gas panas pada permukaan yakni manifestasi pada permukaan porositas besar atau permeabilitas kecil dan densitas rendah seperti

\*Corresponding author:

Email address: : as.ari2222@unsrat.ac.id

Published by FMIPA UNSRAT (2024)

pada pada suatu rekahan atau struktur (Farhan, et al).

Secara umum kawasan panas bumi terdapat di daerah jalur gunung berapi. Magma sebagai sumber panas akan memanasi bahan-bahan pada kerak bumi termasuk juga cairan di dalamnya. Reservoir panas bumi biasanya terdapat di daerah gunung api purba (*post volcanic*). Karena proses gunung api purba tersebut menyebabkan dinginnya cairan magma yang kemudian akan menjadikannya sebagai salah satu komponen reservoir panas bumi yang disebut sumber panas. Akibat dari proses gunung api terbentuklah sistem panas bumi yang dipengaruhi oleh proses-proses geologi baik yang sedang berlangsung di daerah *post volcanic*, sehingga memungkinkan terbentuknya suatu kawasan panas bumi yang potensial untuk diproduksi (Anur, 2017).

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya panas bumi terbesar di dunia yang ditunjukkan dengan banyaknya jumlah gunung api, dimana Indonesia juga terletak pada cincin api aktif yang berasosiasi dengan gunung api aktif di seluruh wilayah nusantara. Sulawesi Utara salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki beberapa gunung aktif. Itu artinya daerah ini memiliki panas bumi yang besar. Salah satu daerah di Sulawesi Utara yang memiliki potensi panas bumi yaitu Kabupaten Minahasa, Desa Noongan Tiga, Kecamatan Langowan Barat

Air panas permukaan bumi merupakan air yang timbul dan berasal dari air tanah di kerak bumi yang telah mengalami pemanasan secara geothermal. Bila air panas itu bisa keluar melalui celah atau terjadi rekahan di kulit bumi, maka akan muncul mata air panas yang biasa disebut dengan *hot spring*. Ini merupakan salah satu manifestasi dari energi panas bumi. Air yang keluar suhunya di atas 37°C (suhu tubuh manusia). Namun sebagian mata air panas mengeluarkan suhu tinggi di atas titik didih dan bisa mencapai hingga 148°C dan mengandung kadar mineral tinggi seperti kalsium, litium, radium, sulfur silika dan belerang. Di seluruh dunia terdapat mata air panas yang tidak terhitung jumlahnya termasuk di dasar laut dan samudra. Mandi berendam di dalam air panas dapat menyembuhkan berbagai macam penyakit. Oleh karena itu, orang membangun pemandian air panas untuk tujuan rekreasi dan pengobatan (Gigenbach, 1998).

Gradien suhu adalah perubahan suhu terhadap jarak atau kedalaman. Secara umum, setiap penurunan 1 km kedalaman ke perut bumi, temperatur naik sebesar 25-30°C atau setiap 100 meter temperatur naik sekitar 2,5-3°C. Jadi semakin jauh ke dalam perut bumi, suhu akan semakin tinggi (Bilondatu et al, 2021). Gradien panas bumi di atas sumber panas akan berubah dalam perpindahan dari satu batu ke batu lain dengan konduktivitas yang berbeda. Mode utama perpindahan panas di kerak permukaan adalah konveksi dan konduksi. Dalam pemetaan aliran panas regional, tujuan penting

adalah untuk memisahkan proses dekat permukaan, seperti aliran tanah dan sirkulasi hidrotermal, dari aliran panas yang lebih panas dari interior bumi. Pengetahuan tentang variasi spesial dalam gradien panas bumi dan aliran panas sangat penting untuk penyelidikan dan pemanfaatan panas bumi yang berkembang di seluruh dunia (Hjartarson, 2015).

Desa Tempang Dua yang berada di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah yang memiliki manifestasi mata air panas (*hot spring*). Hal ini dibuktikan dengan data survei lapangan yang telah diobservasi bahwa terdapat beberapa sumur warga yang bersuhu panas hingga dapat mencapai 56°C. Desa tersebut mempunyai manifestasi-manifestasi air panas di permukaan tanah dan titik-titik sumber air dangkal (sumur) yang dilakukan pada survei pendahuluan sehingga ini menjadi alasan peneliti untuk meneliti lebih lanjut mengenai air panas desa tersebut. Pada umumnya mata air panas tersebut berasal dari adanya kontak antara magma dari gunung berapi dengan air tanah sehingga mengalami peningkatan temperatur.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan sebaran temperatur dan pola gradien temperatur secara mapping pada permukaan dan sumur-sumur warga Desa Tempang Dua. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang peta sebaran suhu, yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu referensi potensi geotermal di desa Tempang Dua.

Suhu merupakan derajat panas dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal (Putra, 2007). Jika panas dialirkan pada suhu benda, maka suhu benda tersebut akan turun jika benda yang bersangkutan kehilangan panas. Akan tetapi hubungan antara satuan panas dengan satuan suhu tidak merupakan suatu konstanta, karena besarnya peningkatan suhu akibat penerimaan panas dalam jumlah tertentu yang akan dipengaruhi oleh daya tampung panas (*heat capacity*) yang dimiliki oleh benda penerima tersebut (Lakitan, 2002).

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida lain yang memiliki temperatur lebih rendah. Perpindahan panas pada umumnya dibedakan menjadi tiga cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi (Yunus, 2009). Konduksi adalah proses dimana panas bergerak dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair, atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung (Ambarita, 2012). Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan molekul secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Konduksi

adalah satu-satunya mekanisme dimana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya (Incropera dan Dewit, 1982). Konveksi adalah proses transpor energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cair atau gas. Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida ini. Kemudian partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu rendah di dalam fluida dimana mereka akan bercampur dengan memindahkan sebagian energinya pada partikel-partikel fluida lainnya. Dalam hal ini alirannya adalah aliran fluida maupun energi (Ambarita, 2011).

Selain komponen penyusun sistem panas bumi, keberadaan suatu sistem panas bumi ditandai dengan kehadiran manifestasi panas di permukaan. Manifestasi panas bumi di permukaan diduga terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap dan air panas) mengalir ke permukaan (Saptadji, 2001). Sistem panas bumi konvektif yang memiliki sirkulasi fluida dari daerah *recharge* masuk ke dalam reservoir kemudian keluar menuju permukaan melalui daerah *upflow* dan *outflow*, fluida akan bereaksi dengan batuan sekitar dan kemudian keluar melalui rekahan-rekahan dalam batuan. Interaksi fluida dengan batuan sekitarnya menghasilkan mineral-mineral ubahan, sedangkan fluida yang keluar melalui rekahan akan menghasilkan air panas dan uap panas. Gejala-gejala seperti itu yang disebut sebagai manifestasi panas bumi antara lain danau kawah asam, fumarol, solfatara, tanah hangat, tanah beruap, mata air panas, batuan teralterasi dan geysir (Wenas et al., 2020).

### Material dan Metode

Alat-alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah roll meter, tali nilon, GPS, termometer air raksa, termometer digital, laptop, software, aplikasi google earth. Penelitian ini dilakukan di Desa Tempang Dua, Kecamatan Langowan Utara Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode observasi. Tahapan dalam penelitian ini yaitu studi literatur yakni mempelajari penelitian terlebih dahulu objek penelitian tentang konsep pemetaan pola sebaran suhu Desa tersebut. Survei pendahuluan yaitu pengamatan awal daerah penelitian yang terdapat manifestasi air panas. Persiapan alat penelitian yang akan digunakan dalam pengambilan data. Akuisisi data yakni pengukuran dan pengambilan data titik-titik

koordinat sumur dan daerah manifestasi air panas, serta pengukuran suhu air panas.

### Hasil dan Pembahasan

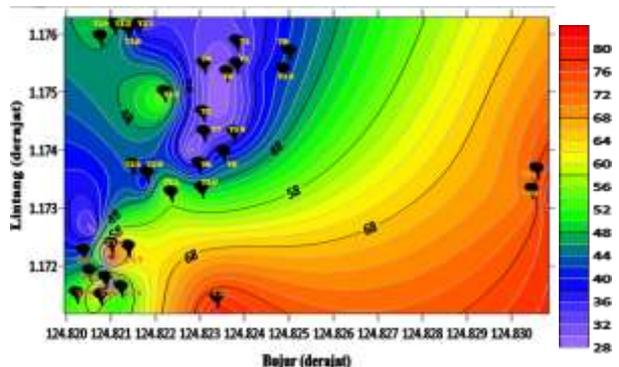
Untuk mendapatkan titik koordinat, maka pengambilan data dilakukan langsung di lokasi penelitian menggunakan GPS (*Global Positioning System*) pada sumur-sumur, mata air panas dan geysir.

Dari hasil pengamatan, telah dibuatkan titik-titik lokasi pada peta Google Earth yang menunjukkan lokasi pengambilan data. Koordinat tersebut dimasukkan dalam Google Earth dalam bentuk angka desimal, sehingga menghasilkan peta sebaran seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Sebaran Air Panas Daerah Manifestasi Desa Tempang Dua

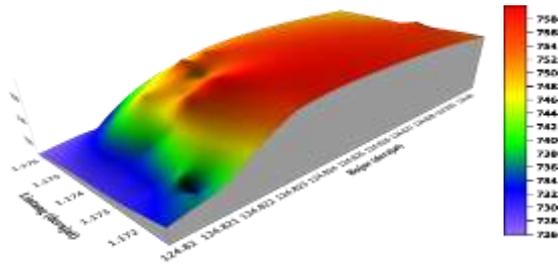
Elevasi atau ketinggian tempat di atas permukaan laut didapatkan dari pengukuran menggunakan GPS, sedangkan pengukuran temperatur bawah permukaan diukur dengan menggunakan dua termometer yaitu termometer digital dan termometer air raksa. Dari hasil pengambilan data, didapatkan di lapangan penelitian sebanyak 31 data manifestasi air panas bumi.



Gambar 2 Peta Kontur Sebaran Suhu Pada Termometer Digital

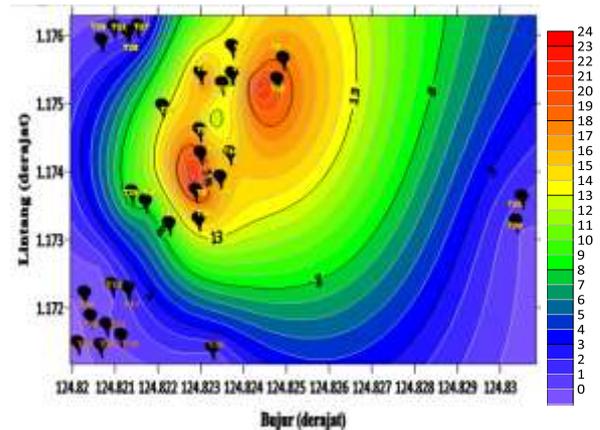
Berdasarkan data yang di dapatkan di lapangan, dibuatlah peta kontur sebaran suhu air panas Desa Tempang Dua pada Gambar 2. Pada peta kontur sebaran suhu air panas, dapat dilihat bahwa skala terkecil berwarna ungu muda dengan suhu 28°C dan skala terbesar berwarna merah dengan suhu sekitar 90°C. Berdasarkan peta kontur, dapat dianalisis bahwa pada daerah yang berwarna ungu muda ke warna biru dengan suhu rendah 28°C sampai 40°C merupakan sumber air yang berada di perumahan

warga yakni sumur-sumur. Warna ungu ke warna merah yang bersuhu mulai dari 41°C sampai 76°C merupakan sebagian sumur warga dan mata air panas. Jika dilihat pada peta kontur warna hijau, garis kontur dari barat daya ke arah utara garis pada suhu 48°C dan 58°C merupakan sumur warga di perumahan dan mata air panas, ini biasanya dipakai warga untuk pemandian. Sedangkan warna jingga pada garis kontur dengan suhu 68°C merupakan mata air panas yang titik panasnya berada di daerah sawah dan pemukiman bebas yakni hutan dan kebun warga. Titik-titik warna merah peta kontur di pojok kiri bawah adalah manifestasi tanah beruap yang suhunya mencapai 80°C sampai 90°C. Skala terbesar berwarna merah pada peta kontur merupakan adanya manifestasi mata air panas mendidih yang mengeluarkan uap panas.



Gambar 3. Peta penampang 3D Elevasi Desa Tempang Dua

Berdasarkan data yang didapatkan di lapangan, dibuatlah peta kontur elevasi Desa Tempang Dua. Pada ketinggian di atas permukaan laut, disajikan peta kontur dalam bentuk 3 dimensi (Gambar 3). Wilayah dengan warna ungu muda memiliki skala elevasi terendah 726 sampai 732 mdpl, wilayah tersebut merupakan daerah sawah dan bebas pemukiman dimana ditemukan mata air panas yang bersuhu sekitar 45°C-56°C. Berdasarkan peta kontur, dapat dianalisis bahwa warna merah adalah wilayah dataran yang lebih tinggi dan merupakan tempat pemukiman warga, dengan ketinggian 753 sampai 760 mdpl daerah tersebut banyak ditemukan sumber air dangkal yakni sumur-sumur warga yang suhu rendah mencapai 28°C-40°C dan juga ditemukan sumber air panas yang suhunya bisa mencapai 56°C-60°C. Warna hijau merupakan lereng ke bawah jalan raya dan bebas pemukiman, di daerah tersebut dengan ketinggian berkisar 733-752 mdpl terdapat 1 kolam besar mata air panas yang suhunya mencapai 48°C, sedangkan pada arah tenggara peta kontur, daerah tersebut ditemukan dua titik pengukuran air panas yang suhunya 74°C dan 84°C.



Gambar 4. Peta Kedalaman Permukaan Air Desa Tempang Dua

Berdasarkan data yang didapatkan di lapangan, dibuatlah peta kontur kedalaman permukaan air sebagai berikut. Pada peta kontur dapat dilihat bahwa skala terkecil berwarna kuning dan skala terbesar warna merah yang kisaran kedalaman seluruhnya 0 sampai 23 meter. Berdasarkan data yang ada pada peta kontur kedalaman, tampak bahwa daerah warna merah dengan kedalaman sekitar 18-24 meter merupakan sumber air dangkal yakni sumur-sumur. Akan tetapi wilayah sumur tersebut merupakan wilayah dengan suhu air rendah berkisar dari 23°C sampai 40°C. Hanya ada satu sumur yang didapatkan manifestasi air panas dangkal yaitu suhunya mencapai 56°C pada posisi 01° 10' 23.94" LU dan 124° 49' 20.12" BT. Sedangkan sebaran suhu pada warna kuning seluruh daerah penelitian merupakan mata air panas yang muncul di permukaan tanah. Daerah warna hijau pada peta kontur dengan kedalaman 3 sampai 17 meter semuanya merupakan sumber air dangkal (sumur-sumur). Berdasarkan peta kontur, dapat dianalisis bahwa sebaran suhu banyak terdapat pada manifestasi air panas di permukaan tanah arah mata angin selatan dan barat daya.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang didapatkan di lapangan, dapat disimpulkan bahwa pola sebaran suhu yang diperoleh menunjukkan kecenderungan di area yang lebih tinggi pada peta kontur memiliki suhu air paling tinggi. Sebaran suhu air didapatkan dengan suhu 28°C sampai 90°C dengan elevasi berkisar 724 sampai 760 mdpl dan kedalaman permukaan air dari 0 sampai 23 meter.

### Daftar Pustaka

- Ambarita, Himsar .2011. Perpindahan Panas Konveksi dan Pengantar Alat Penukar Kalor. Medan: Benda Padat Tiga Dimensi Keadaan Tunak. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Anur, H. (2017). Analisa Uji produksi Metode Separator Dengan Menggunakan Office Meter Pada Sumur "X". Lapsngs Panas Bumi Seminar.

- Bilondatu, A., Londoh, T. dan Bujung, C. (2021): Distribusi Suhu Bawah Permukaan Manifestasi Panas Bumi Untuk Analisis Gradien Suhu di Bukit Kasih Kanonang. *Jurnal Fista: Fisika dan Terapan*. Vol 2, No.2: 61-65.
- Farhan, Audi; Didit Haryanto, A., dan Hutabarat, Johannes; Ronggour, M. (2021). Identifikasi Zona Prospek Panas Bumi Menggunakan Digital Elevation Model Dengan Metode Densitas Kelurusan Dan Identification of Geothermal Prospect Zone Using Digital Elevation Model With Liniament Density and Land Surface Temperature Method in Seulewah,. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 5(1).
- Hadi, A.I & Refrizon, R, R. (2015). Distribusi Sumber Panas Bumi Berdasarkan Survei Gradien Suhu Dekat Permukaan Gunung Api Hulu Lais. *GRADIEN: Jurnal Ilmiah MIPA*, (2), 64-68.
- Hjartarson A. (2015). Proceting Word Geothermal Congress 2015. Heat and Flow In Iceland.
- Incropera, F.P dan D.P Dewit. 1982. *Fundamental Of Heat and Mass Transfer*, Third Edition. Singapura: John Willey and Sons.
- Lakitan, Benyamin. 2002. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Putra S, M. Kelana. 2007. *Rancangan Bangunan dan Analisa Perpindahan Panas Pada Ketel Uap Bertenaga Listrik*. Medan: USU.
- Saptadji, N.M (2001), *Teknik Panas Bumi*. Bandung. Penerbit ITB.
- Gigenbach, W.F. 1998. "Geothermal Solute Equilibria, Derivation of Na-K-Mg-Ca Indicators", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 52 No. 12, pp. 2749-2765.
- Wenas, D.R., Tulandi, D.A., dan Bujung, C.A.N. (2020). *Geothermal Gradient and Subsurface Temperatur for Estimation of Sources, Patterns and Heat Flow Direction in The Hydrothermal Area of Minahasa Indonesia*.
- Yunus, Asyuri Darami. 2009. *Perpindahan Panas dan Massa*. Jakarta: Universitas Darma Persada.