

**STUDI SEBARAN TEMPERATUR
MENGUNAKAN METODE HAMBATAN JENIS
KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE
DI DAERAH PANASBUMI DESA NAMO**

Ristiani¹, Rustan Efendi², Moh. Dahlan Th. Musa²

¹Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

²Dosen Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Tadulako

Email: ristiani.itin@yahoo.com HP : 082336423984

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui struktur perlapisan bawah permukaan dan sebaran temperatur daerah panasbumi Desa Namo Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik hambatan jenis konfigurasi dipole-dipole. Data hasil pengukuran diolah menggunakan *software EarthImager2D* dan *Rockwork*. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh bahwa nilai hambatan jenis lapisan yang mengandung air panas adalah zona rekahan tersaturasi air dengan nilai hambatan jenis 22 Ωm – 430 Ωm . Temperatur maksimum yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 68°C dan temperatur minimum adalah 32°C. Berdasarkan penampang temperatur bawah permukaan arah penyebarannya dari Utara ke Selatan lokasi penelitian.

Kata Kunci: *Geolistrik, Hambatan Jenis, EarthImager2D, Panasbumi.*

1. Pendahuluan

Panasbumi merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki potensi sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai salah satu sumber energi alternatif. Panasbumi 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. Munculnya titik-titik air panas disebabkan oleh aktivitas vulkanik maupun pergerakan lempeng yang menimbulkan adanya sesar. Salah satu ciri-ciri adanya sesar yaitu dengan terlihatnya deretan mata air panas. Energi panasbumi ini dapat dimanfaatkan secara langsung untuk pengeringan produksi hasil pertanian, pariwisata dan kebutuhan rumah tangga ataupun secara tidak langsung sebagai penggerak turbin pembangkit listrik (Haerudin,dkk, 2008).

Sulawesi Tengah merupakan salah satu daerah di Indonesia yang menyimpan potensi panasbumi yang cukup banyak. Salah satu daerah di Sulawesi Tengah yang menyimpan potensi panasbumi adalah Desa Namo (Bakorsultanal, 1997). Secara administratif Desa Namo terletak di Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi Provinsi Sulawesi Tengah. Desa Namo merupakan daerah pegunungan dengan ketinggian 635 mdpl. Daerah tersebut ditetapkan pada tahun 2011 oleh Menteri Kehutanan merupakan areal kerja hutan desa dengan luas 490 hektar (BPS Sigi, 2011).

Sumber energi panasbumi di Desa Namo diindikasikan oleh adanya mata air panas yang muncul dari sisi sungai Sapoo. Munculnya panasbumi ini diduga dipengaruhi oleh sesar Palu Koro di sekitar lokasi penelitian. Sesar ini yang mengontrol fluida panas dalam reservoir untuk mengalir menuju permukaan. Penyelidikan struktur perlapisan bawah permukaan

maupun sebaran temperatur di wilayah ini belum pernah dilakukan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode geofisika. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode geolistrik hambatan jenis.

2. Tinjauan Pustaka

Panasbumi (geothermal) berasal dari dua kata yaitu *geo* dan *thermal*. “Geo” yang artinya bumi dan “thermal” yang artinya panas, jadi *geothermal* dapat diartikan sebagai panas bumi. Panasbumi dapat pula dimaknai sebagai energi panas yang terbentuk secara alami dibawah permukaan bumi. Panasbumi adalah sumber energi panas yang terkandung didalam air panas, uap, air dan batuan bersama mineral dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panasbumi. Panas yang dimiliki bumi berasal dari dua sumber yaitu matahari (external heat) dan dari dalam bumi itu sendiri adalah *internal heat* (Lange, dkk,1991).

Sistem panasbumi di Indonesia umumnya merupakan sistem hidrotermal. Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, sistem hidrotermal dibedakan menjadi 2, yaitu sistem 1 fasa dan sistem 2 fasa. Sistem 2 fasa dapat merupakan sistem dominasi air atau dominasi uap. Sistem dominasi uap merupakan sistem yang sangat jarang dijumpai dimana reservoir panasbuminya mempunyai kandungan fasa uap yang lebih dominan dibandingkan dengan fasa airnya. Rekahan umumnya terisi oleh uap dan pori-pori batuan yang masih menyimpan air. Reservoir air panas umumnya terletak jauh di kedalaman di bawah reservoir dominasi uapnya. Sistem dominasi air merupakan sistem panasbumi yang umum terdapat di dunia dimana reservoirnya mempunyai kandungan air yang sangat dominan

walaupun “boiling” sering terjadi pada bagian atas reservoir membentuk lapisan penudung uap yang mempunyai temperatur dan tekanan tinggi (Lange, dkk, 1991).

Menurut Telford, dkk (1990), aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik. Batuan merupakan suatu jenis materi sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan. Batuan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik karena ada bagian batuan yang mempunyai ikatan atom-atom secara ionik atau kovalen. Beberapa nilai hambatan jenis mineral dan batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

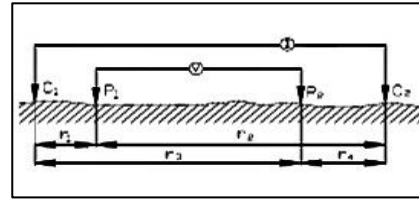
Tabel 1 Nilai hambatan jenis beberapa batuan (Telford, dkk, 1990).

Bahan	Resistivitas(Ωm)
Granit porfiritik	$4,5 \times 10^3 - 1,3 \times 10^6$
Feldspar porifitik	4×10^3
Syenit	$10^2 - 10^6$
Diorit porfiritik	$1,9 \times 10^3 - 2,8 \times 10^4$
Dasit	2×10^4
Andesit	$4,5 \times 10^4 - 1,7 \times 10^6$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1,3 \times 10^7$
Olivin	$10^3 - 6 \times 10^4$
Peridorit	$3 \times 10^3 - 6,5 \times 10^3$
Homfels	$8 \times 10^3 - 6 \times 10^7$
Schists	$20 - 10^4$
Tuf	$2 \times 10^3 - 10^5$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Gneis	$6,8 \times 10^4 - 3 \times 10^6$
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$
Skam	$2,5 \times 10^2 - 2,5 \times 10^8$
Kuarsit	$10 - 2 \times 10^8$
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Batu Pasir	$1 - 6,4 \times 10^8$
Batu Gamping	$50 - 10^7$
Dolomit	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Lempung	20

Geolistrik adalah salah satu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus ke dalam bumi. Metode ini sering digunakan baik dalam survei geologi maupun eksplorasi. Hal ini disebabkan karena metode geolistrik sangat bagus untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi hambatan jenis batuan. Terutama untuk daerah yang mempunyai kontras hambatan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya, misalnya untuk keperluan eksplorasi air tanah, dan panasbumi (*geothermal*) (Haerudin, dkk, 2008).

Metode Geolistrik adalah salah satu metode geolistrik yang mempelajari sifat hambatan jenis dari lapisan

batuan di dalam bumi (Telford, dkk, 1990). Prinsip kerja metode geolistrik adalah mengalirkan arus listrik searah atau bolak-balik berfrekuensi rendah ke dalam bumi melalui 2 elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial yang timbul melalui 2 elektroda potensial.



Gambar 1 Susunan elektroda ganda di permukaan untuk model medium homogen (Telford, dkk, 1990).

Beda potensial yang terukur pada kedua titik P₁ dan P₂ adalah:

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right) \tag{2.1}$$

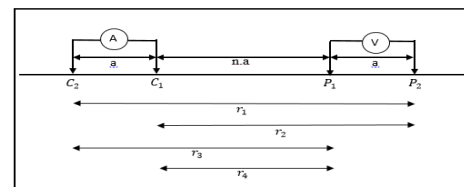
Pada medium tanah atau batuan, nilai resistivitas di setiap titik berbeda dan bidang ekuipotensial yang terbentuk dapat tidak beraturan, sehingga nilai resistivitas semu yang terukur di lapangan dapat dihitung dengan membalik Persamaan (2.1) menjadi :

$$\rho_a = 2\pi \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} \tag{2.2}$$

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \tag{2.3}$$

dengan K dikenal sebagai faktor geometri yang nilainya bergantung dari susunan (konfigurasi) elektroda yang digunakan. Berdasarkan tujuan pemanfaatan eksplorasi, metode geolistrik *Automatic Array Scanning* (AAS). Metode *Automatic Array Scanning* adalah metode hambatan jenis yang melakukan pengukuran berulang-ulang serta berurutan dengan menggunakan penetrasi tertentu.

Pada konfigurasi dipole-dipole (Gambar 2) elektroda arus C₁C₂ dan elektroda potensial P₁P₂ diletakkan pada jarak a. Elektroda potensial berada di luar elektroda arus dengan jarak na, dimana n= 1,2,3,... dan seterusnya. Hasil penggambaran berada pada titik tengah antara elektroda C₁P₁. Gambaran bawah permukaan yang diperoleh yaitu secara horisontal dan vertikal (Telford, dkk, 1990).



Gambar 2.2 Konfigurasi dipole-dipole (Telford, dkk, 1990).

Nilai faktor geometri (K) untuk konfigurasi elektroda dipole-dipole (Telford, dkk, 1990) yaitu :

$$K = \pi a n(n + 1)(n + 2) \tag{2.4}$$

Sehingga diperoleh nilai hambatan jenis semu :

$$\rho_a = \pi a n(n + 1)(n + 2) \frac{\Delta V}{I} \tag{2.5}$$

Hambatan jenis bervariasi terhadap temperatur, hal ini dapat diterangkan dengan teori zat padat, khususnya tentang ikatan atom. Pada bahan yang bersifat konduktor, ketika temperatur dinaikkan maka nilai hambatan jenis juga akan naik. Hal ini disebabkan karena pada material yang bersifat konduktor, elektron tidak terikat kuat sehingga ketika temperatur naik maka atom-atom akan bervibrasi dengan lebih cepat dan menghalangi gerakan elektron sehingga hambatan jenis akan naik. Pada daerah tertentu terkadang sulit memvalidasi hubungan antara data hambatan jenis dan temperatur (Ussher et.al, 2000). Berdasarkan masalah tersebut, hubungan eksponensial dari hambatan jenis dengan temperatur dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\rho = \rho_0 e^{\epsilon/RT} \tag{2.6}$$

dimana, ϵ adalah energi aktivasi (biasanya sekitar 0,2 eV di air dan batuan jenuh bervariasi dengan tingkat perubahan), R adalah konstanta Boltzman ($0,8617 \times 10^{-4} \text{ eV} / ^\circ \text{K}$), T adalah temperatur (K) dan ρ_0 adalah hambatan jenis pada temperatur teoritis yang tak terbatas. Hambatan jenis pada temperatur bergantung pada kisaran suhu permukaan, yang hambatan jenisnya dari urutan 1 sampai 10 digunakan pada kisaran suhu 60°C sampai 200°C (Llera.et.al, 1990). Untuk memperoleh hubungan eksponensial dari hambatan jenis dengan temperatur dapat dilakukan dengan menghitung ρ koreksi berdasarkan temperatur yang diukur di permukaan.

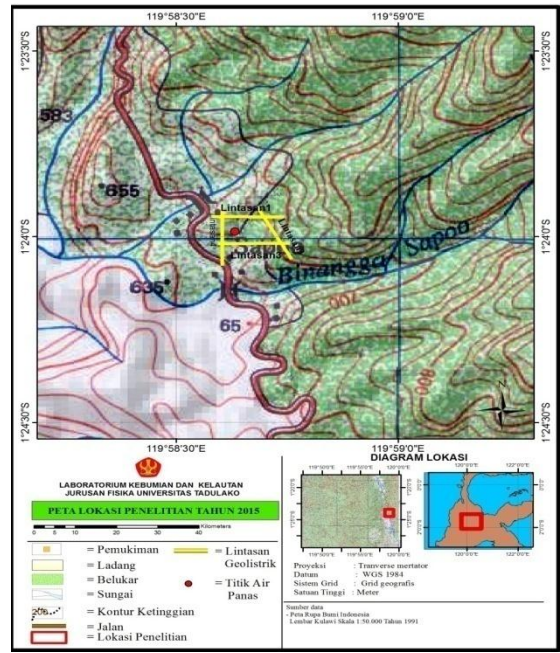
$$\rho_{koreksi} = \rho_0 e^{\epsilon/R.T_0} \tag{2.7}$$

Temperatur (T_0) yang terukur di permukaan masih dalam satuan Celcius ($^\circ\text{C}$), sehingga harus diubah kedalam satuan Kelvin ($^\circ\text{K}$). Persamaan temperatur diperoleh dengan cara menurunkan Persamaan (2.7). Nilai hambatan jenis pada persamaan (2.8) merupakan nilai hambatan jenis dari hasil perhitungan *EarthImager 2D* yang ditambahkan dengan hambatan jenis hasil koreksi untuk mendapatkan nilai hambatan jenis pada temperatur. Persamaan temperatur yang telah dikoreksi dengan hambatan jenis sebagai berikut:

$$T = \frac{\epsilon}{R \ln\left(\frac{\rho + \rho_{koreksi}}{\rho_0}\right)} \tag{2.8}$$

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Desa Namo Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah. Secara geografis terletak pada koordinat $01^{\circ} 24' 30''$ LS dan $119^{\circ} 58' 30''$ BT sampai dengan $01^{\circ} 23' 30''$ LS dan $119^{\circ} 59' 0''$ BT. Untuk melihat kondisi lokasi penelitian di tampilkan peta titik lokasi penelitian pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta Lokasi Penelitian

Pengambilan data di lapangan, dimulai dengan survei pendahuluan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian dengan menggunakan peta geologi lembar Pasangkayu dan topografi daerah penelitian dengan menggunakan peta Rupa Bumi Indonesia lembar Kulawi.

Pengambilan data menggunakan metode geolistrik hambatan jenis dengan beberapa peralatan sebagai berikut :

- a. Satu set alat ukur georesistivimeter (*supersting R8IP*)
- b. Meteran
- c. GPS
- d. Kompas Geologi
- e. Palu Geologi
- f. Termometer

Proses pengambilan data di lapangan dilakukan pada 4 lintasan pengukuran dimulai dengan mempersiapkan alat, menentukan posisi titik ukur. Kemudian memasang elektroda dengan spasi antar elektroda 5 meter. Membentang dan memasang kabel pada elektroda sejauh 275 meter. Menentukan arah bentangan dengan menggunakan kompas geologi dan posisi koordinat elektroda. Merangkai alat georesistivimeter (*Supersting R8IP*) dengan *Switch Box* dan melakukan pengukuran. Data yang diperoleh di lapangan yaitu nilai arus, potensial dan hambatan jenis semu.

Dari data tersebut, kemudian diolah dengan menggunakan program inverse *Earthmarger 2D*. Hasil yang diperoleh dari program inversi tersebut berupa variasi nilai hambatan jenis, kedalaman dan ketebalan lapisan. Data temperatur diperoleh dengan melakukan pengukuran di permukaan air panas menggunakan alat thermometer. Untuk mengetahui sebaran panasbumi yang didasarkan dari sebaran temperatur maka nilai resistivitas hasil inversi 2D diolah kembali

menggunakan *software exell* dan *software rockwork* dengan melakukan perhitungan sebagai berikut:

- Nilai ρ koreksi adalah hasil dari perhitungan koreksi berdasarkan temperatur di permukaan dengan menggunakan Persamaan (2.7). Nilai ρ_0 adalah ketetapan dari literatur yaitu $1,8 \Omega m$, ϵ juga merupakan ketetapan yaitu $0,2 eV$, nilai R adalah tetapan boltzman yaitu $18,62 \cdot 10^{-5} eV/k$,
- Nilai temperatur dalam satuan Kelvin diubah menjadi satuan Celcius, kemudian nilai temperatur tersebut diolah dengan menggunakan *software rockwork* sehingga diperoleh penampang 2D pada sebaran temperatur.

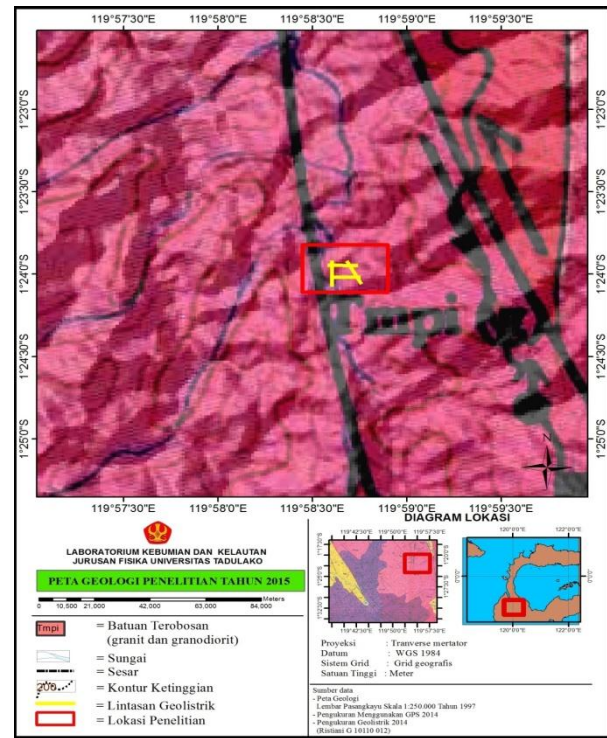
Interpretasi diawali dengan memetakan lapisan-lapisan batuan sesuai dengan nilai hambatan jenisnya. Pemetaan lapisan batuan bawah permukaan merujuk pada Tabel harga hambatan jenis batuan, ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pemetaan lapisan-lapisan batuan ini, kemudian dilanjutkan dengan mengkorelasikan data hambatan jenis dari lokasi penelitian yang terindikasi memiliki lapisan yang mengandung air panas. Selanjutnya data hasil inversi dikonversi ke dalam parameter temperatur untuk memperoleh penampang temperatur tiap lintasan. Hasil penampang temperatur tersebut dapat diperoleh gambaran lapisan bawah permukaan serta sebaran temperatur panasbumi.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi Geologi dan Morfologi

Berdasarkan Peta Geologi Tinjau Lembar Pasang kayu (Bakorsultanal, 1997) batuan penyusun di sekitar wilayah Desa Namu adalah Batuan Terobosan terdiri dari granit dan granodiorit. Batuan Terobosan ini tersingkap disekitar lokasi penelitian. Peta Geologi lokasi penelitian sebagai berikut (Gambar 4).

Struktur geologi di Desa Namu secara umum ditandai oleh sebaran pegunungan yang dominan, terutama di bagian barat dan timur. Pola punggung gunung di bagian barat dan timur mempunyai pola memanjang hampir dibagian Utara – Selatan. Orientasi utama jalur pegunungan ini sangat berkaitan dengan jalur sesar Palu Koro yang melintas di sekitar daerah penelitian. Keberadaan jalur sesar ini menimbulkan beberapa sesar lokal dan zona rekahan. Secara regional, tatanan tektonik yang mengontrol pemunculan manifestasi mata air panas Desa Namu disebabkan oleh keberadaan zona rekahan yang merupakan jalur naiknya panas ke permukaan.



Gambar 4. Peta Geologi Daerah Penelitian

Morfologi Daerah penelitian terdiri dari pegunungan dan lembah aliran sungai Sapoo. Daerah tersebut dimanfaatkan warga setempat sebagai lahan perkebunan yakni disekitar aliran sungai Sapoo. Aliran sungai tersebut mengarah dari Timur ke Barat dan terdapat titik air panas disekitarnya. Lokasi penelitian ini merupakan daerah pegunungan dengan kemiringan hampir mencapai 60° yang berada pada ketinggian ± 670 mdpl (meter dari permukaan laut).

4.2 Hasil Penelitian

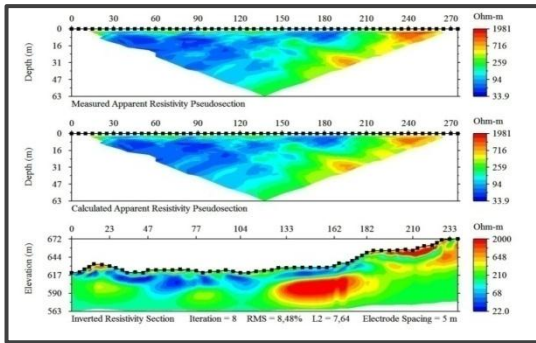
Pengukuran geolistrik dilakukan sebanyak 4 lintasan dengan jarak antar elektroda 5 meter. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran berupa data arus (I) dan beda potensial (ΔV). Kemudian hasil pengukuran tersebut diperoleh nilai hambatan jenis semu (ρ_a) yang hasil pengukurannya dapat dilihat pada Lampiran II. Hasil pengukuran tersebut kemudian diolah menggunakan *Software EarthImager*. Pengolahan data tersebut menggunakan program inversi yang memperhitungkan efek topografi (data nilai topografi dapat dilihat pada Lampiran III).

1. Pengolahan Data dan Interpretasi Lapisan Batuan

Pengolahan hambatan jenis menggunakan *software Earthimager* 2D terdiri dari 3 langkah yang ditampilkan dalam bentuk penampang hambatan jenis. Penampang pertama yaitu penampang *Measured Apparent Resistivity Pseudosection* yang berasal dari nilai hambatan jenis pengukuran di lapangan, penampang kedua yaitu penampang *Calculated Apparent Resistivity Pseudosection* yang merupakan nilai perhitungan dengan menggunakan pemodelan kedepan, dan penampang ketiga yaitu *Inverted Resistivity Section* yang merupakan nilai hambatan

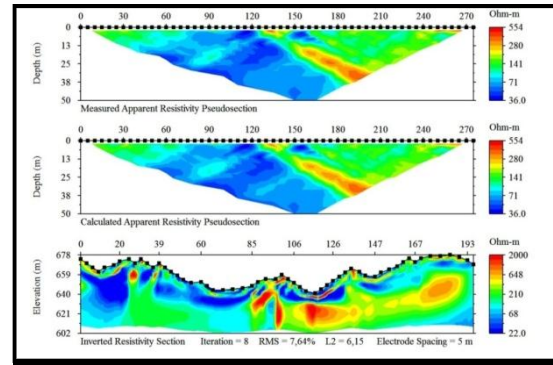
jenis sebenarnya. Model Penampang 2D hambatan jenis hasil inversi dengan memperhitungkan efek topografi setiap lintasan adalah sebagai berikut.

Lintasan 1 terletak pada koordinat $01^{\circ} 23' 55''$ LS dan $119^{\circ} 58' 39''$ BT sampai dengan $01^{\circ} 23' 58''$ LS dan $119^{\circ} 58' 47''$ BT. Arah bentangan $N 90^{\circ} E$ dengan ketinggian maksimum 672 mdpl (meter di atas permukaan laut), menggunakan jarak pengukuran sebesar 5 m. Berdasarkan hasil inversi diperoleh penampang 2D dengan nilai *error* yang didapatkan adalah 8,48 % kedalaman yang terukur antara 54 - 95 m ditunjukkan pada Gambar 4. Lapisan yang mempunyai nilai hambatan jenis yang berkisar antara $\pm 22 - 430 \Omega m$ ditunjukkan dengan warna biru sampai warna hijau diduga merupakan zona rekahan tersaturasi dengan air. Lapisan selanjutnya yang mempunyai nilai hambatan jenis yang berkisar antara $\pm 430 - 2000 \Omega m$ yang ditunjukkan dengan warna kuning sampai merah diduga merupakan lapisan batuan granit.



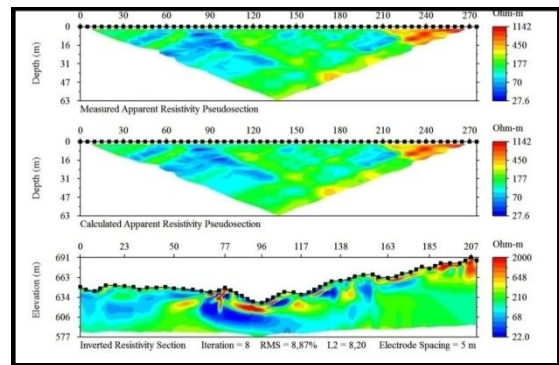
Gambar 4. Penampang 2D Hambatan Jenis Lintasan 1.

Lintasan 2 terletak pada koordinat $01^{\circ} 23' 53''$ LS dan $119^{\circ} 58' 42''$ BT sampai dengan $01^{\circ} 24' 05''$ LS dan $119^{\circ} 58' 51''$ BT. Arah bentangan $N 135^{\circ} E$ dengan ketinggian maksimum 677 mdpl (meter di atas permukaan laut). Berdasarkan hasil inversi diperoleh 2D penampang hambatan jenis Lintasan 2 dengan nilai *error* yang didapatkan adalah 7,64%. Kedalaman yang terukur antara 40 - 68 m ditunjukkan pada Gambar 5. Karakteristik lapisan bawah permukaan di lintasan ini relatif sama dengan Lintasan 1. Pada lintasan ini terdeteksi adanya zona rekahan tersaturasi dengan air, hal ini dapat diketahui dengan nilai hambatan jenis terendah berkisar antara $\pm 22 - 430 \Omega m$ ditunjukkan dengan warna biru sampai warna hijau.



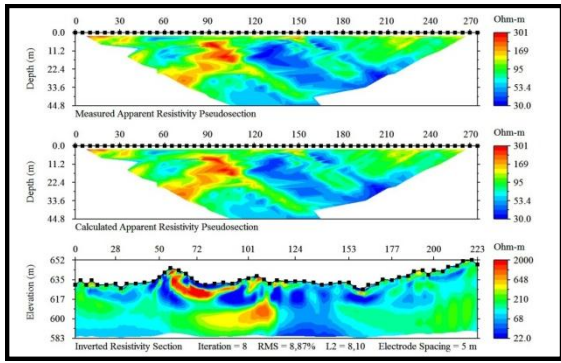
Gambar 5 Penampang 2D Hambatan Jenis Lintasan 2.

Lintasan 3 terletak pada koordinat $01^{\circ} 24' 02''$ LS dan $119^{\circ} 58' 37''$ BT dengan $01^{\circ} 24' 02''$ LS dan $119^{\circ} 58' 45''$ BT. Arah bentangan $N 90^{\circ} E$ dengan ketinggian maksimum 691 mdpl. Berdasarkan hasil inversi diperoleh penampang 2D hambatan jenis Lintasan 3 dengan nilai *error* yang didapatkan adalah 8,87% dan kedalaman yang terukur antara 80 - 110 m ditunjukkan pada Gambar 6. Karakteristik lapisan bawah permukaan pada lintasan ini relatif sama dengan Lintasan 1 dan 2. Nilai hambatan jenis terendah pada lintasan ini adalah $22 \Omega m$ dan nilai hambatan jenis yang tinggi pada lintasan ini adalah $2000 \Omega m$. Pada lintasan diduga adanya zona rekahan tersaturasi air dengan nilai hambatan jenis yang terendah $\pm 22 - 430 \Omega m$ ditunjukkan dengan warna biru sampai warna hijau.



Gambar 5 Penampang 2D Hambatan Jenis Lintasan 3.

Lintasan 4 terletak pada koordinat $01^{\circ} 23' 53''$ LS dan $119^{\circ} 58' 38''$ BT dengan $01^{\circ} 24' 05''$ LS dan $119^{\circ} 38' 42''$ BT. Arah bentangan $N 180^{\circ} E$ dengan maksimum 652 mdpl dengan nilai *error* yang didapatkan adalah 8,87% terukur pada kedalaman ± 70 m. Lintasan ini terletak di sebelah barat dari titik mata air panas dan memotong Lintasan 1 dan 3. Berdasarkan penampang 2D yang dihasilkan nilai hambatan jenis terendah yakni $\pm 22 - 430 \Omega m$ diduga merupakan zona rekahan tersaturasi air ditunjukkan dengan berwarna biru sampai warna hijau.



Gambar 6. Penampang 2D Hambatan Jenis Lintasan 4

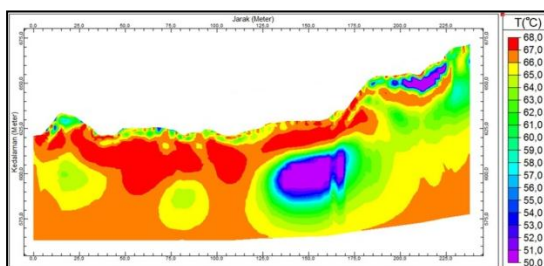
Pengukuran geolistrik untuk ke-4 lintasan yang telah dijelaskan sebelumnya, semua lintasan pengukuran terdeteksi adanya zona rekahan tersaturasi dengan air dengan nilai hambatan jenis $\pm 22 - 430 \Omega\text{m}$. Berdasarkan Peta Geologi di daerah daerah ini didominasi batuan terobosan yakni batuan granit. Diduga batuan granit tersebut mengalami pelapukan dan dipengaruhi oleh sesar Palu Koro yang melintas disekitar lokasi penelitian. Hal ini yang mengakibatkan terjadinya zona rekahan sehingga fluida mampu menerobos kepermukaan dan nilai resistivitas pada batuan granit menjadi rendah.

2. Sebaran Temperatur Bawah Permukaan

Model penampang hambatan jenis pada setiap lintasan selanjutnya dikonversi dalam bentuk model sebaran temperatur. Model sebaran temperatur ini memberikan informasi mengenai gambaran keberadaan panasbumi di lokasi penelitian. Hasil perhitungan temperatur pada setiap lintasan menunjukkan bahwa temperatur maksimum 68°C dan minimum 32°C . Model sebaran temperatur ditampilkan dengan warna yang berbeda-beda. Temperatur maksimum ke 4 lintasan dengan nilai 68°C dtunjukkan dengan warna merah, dan temperatur minimum dengan nilai 32°C yang dicitrakan dengan warna ungu. Berikut adalah gambar hasil pemodelan penampang temperatur tiap lintasan pengukuran.

a. Lintasan 1

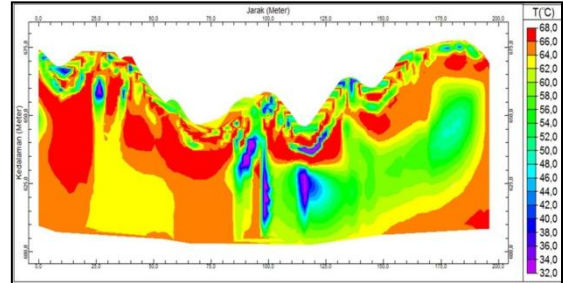
Sebaran temperatur panasbumi pada Gambar 7 diduga berada pada kedalaman $\pm 10\text{m}$ bawah permukaan dengan jarak 0 - 185 m. Ketebalan lapisan ini $\pm 10 \text{ m}$ menipis ke arah Timur dengan jarak 0 - 185 m. Lapisan temperatur ini diselingi oleh lapisan yang mempunyai temperatur rendah didekat permukaan. Lapisan ini juga dijumpai pada kedalaman $\pm 25 \text{ m}$ dengan ketebalan maksimum yang terdeteksi $\pm 40 \text{ m}$.



Gambar 7 Penampang 2D Temperatur Lintasan 1.

b. Lintasan 2

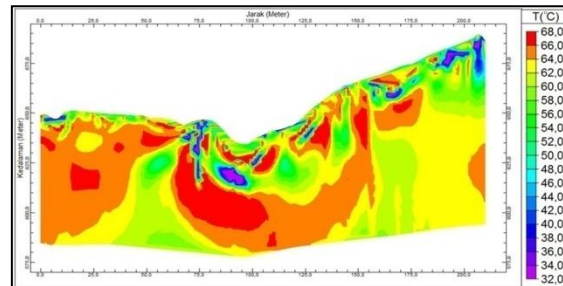
Penampang 2D temperatur pada Gambar 8. Sebaran temperatur panasbumi diduga berada pada kedalaman $\pm 5 \text{ m}$ bawah permukaan. Lapisan temperatur ini tersebar hampir di seluruh lintasan dimana diselingi oleh lapisan yang mempunyai temperatur rendah pada kedalaman $\pm 15 \text{ m}$ bawah permukaan



Gambar 8 Penampang 2D Temperatur Lintasan 2.

c. Lintasan 3

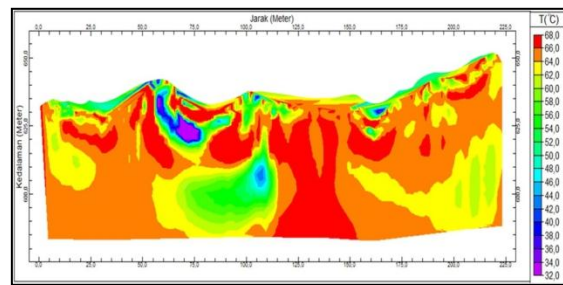
Sebaran temperatur panasbumi pada Gambar 9 diduga berada pada kedalaman $\pm 10 \text{ m}$ bawah permukaan pada jarak 0 - 170 m. Ketebalan lapisan ini $\pm 10 \text{ m}$ menipis ke arah Timur. Lapisan temperatur ini diselingi oleh lapisan yang mempunyai temperatur rendah disekitar permukaan pada kedalaman $\pm 10 \text{ m}$ dengan ketebalan maksimum yang terdeteksi yakni $\pm 40 \text{ m}$.



Gambar 9 Penampang 2D Temperatur Lintasan 3.

d. Lintasan 4

Sebaran temperatur panasbumi pada Gambar 10 diduga berada pada kedalaman $\pm 5 \text{ m}$ bawah permukaan. Lapisan ini menyebar hampir diseluruh lintasan dimana diselingi oleh lapisan yang mempunyai temperatur rendah dekat permukaan dengan kedalaman $\pm 10 \text{ m}$ bawah permukaan



Gambar 10 Penampang 2D Temperatur Lintasan 4.

4.3 Pembahasan

Hambatan jenis dan sebaran temperatur bawah permukaan yang telah diolah memberikan gambaran bawah permukaan setiap lintasan. Analisis data dilakukan pada setiap lintasan geolistrik, sehingga dapat diperkirakan keadaan bawah permukaan yang lebih rinci. Sebaran panas bumi di daerah penelitian sangat berkaitan dengan kondisi batuan bawah permukaan. Berdasarkan Peta Geologi batuan penyusun sekitar lokasi penelitian adalah batuan terobosan yang terdiri dari granit dan granodiorit. Pada Peta Geologi penelitian tampak struktur geologi berupa sesar geser yang merupakan bagian dari sesar Palu-Koro.

Hasil interpretasi menunjukkan bahwa hambatan jenis ke empat lintasan mempunyai nilai $\pm 22 \Omega\text{m}$ sampai $2000 \Omega\text{m}$. Nilai hambatan jenis yang relatif rendah untuk ke empat lintasan pengukuran adalah $\pm 22 \Omega\text{m}$ sampai $430 \Omega\text{m}$ diduga merupakan lapisan zona rekahan tersaturasi dengan air (warna biru sampai warna hijau). Lapisan ini mampu meneruskan fluida panas ke permukaan sehingga muncul manifestasi mata air panas di lokasi penelitian. Lapisan batuan ini memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga memungkinkan fluida panas dapat mengalir.

Penampang hambatan jenis pada Lintasan 1 diduga zona rekahan tersaturasi dengan air berada pada kedalaman ± 10 m dan menyebar dari arah Timur ke Barat. Sedangkan Lapisan batuan granit yang tidak menerus berupa bongkahan pada lintasan ini. Lapisan zona rekahan tersaturasi dengan air juga tersebar ke arah Barat laut pada penampang hambatan jenis Lintasan 2 dengan kedalaman ± 5 m. Sebaran lapisan zona rekahan tersaturasi dengan air diduga berada pada kedalaman ± 10 m menyebar ke arah Barat (Gambar 1). Lapisan ini juga diselingi batuan granit yang tidak menerus pada penampang hambatan jenis Lintasan 3. Penampang hambatan jenis pada Lintasan 4 diduga lapisan zona rekahan tersaturasi dengan air tampak menyebar diseluruh lintasan dari arah Utara ke Selatan. Hal ini dikarenakan Lintasan 4 berada disebelah Timur dari titik mata air panas yang muncul ke permukaan melalui zona rekahan tersebut. Berdasarkan hasil pengolahan sebaran temperatur ke empat lintasan tersebut berada pada kedalaman ± 10 m bawah permukaan dengan kisaran temperatur 32°C sampai 68°C . Sebaran temperatur ke 4 lintasan ini tersebar merata pada Lintasan 4 dari arah Utara ke Selatan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik serta konversi nilai hambatan jenis ke dalam temperatur di Desa Namo Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi, maka dapat disimpulkan bahwa ;

- Struktur perlapisan bawah permukaan di wilayah panasbumi Namo terdiri atas 2 lapisan. Lapisan pertama berhambatan jenis antara $\pm 22-430 \Omega\text{m}$ diduga merupakan zona rekahan tersaturasi dengan air. Lapisan yang nilai hambatan jenisnya berkisar

antara $\pm 430-2000 \Omega\text{m}$ diduga merupakan lapisan batuan granit.

- Sebaran temperatur bawah permukaan pada daerah penelitian berkisar antara 32°C sampai 68°C . Zona temperatur 68°C terletak pada kedalaman ± 10 m untuk setiap lintasan. Sebaran temperatur tertinggi berada pada lintasan 4 dengan arah Utara ke Selatan. Hal ini disebabkan karena lintasan 4 merupakan lintasan yang paling dekat dengan mata air panas.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian kembali pada lokasi penelitian ini menggunakan metode geofisika, salah satunya metode magnetik dan perlu dilakukan pengukuran gradien temperatur untuk memperkuat interpretasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Jurusan Fisika FMIPA UNTAD atas dukungan fasilitas dan finansialnya pada penelitian ini. Terima kasih Bapak Dr. Rustan Efendi, M.T., selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan nasehat, ilmu, dan bimbingan dalam pendidikan dan penyelesaian Skripsi ini. Terima kasih Bapak Moh. Dahlan Th. Musa, S.Si., MT., selaku Pembimbing II yang telah banyak mengorbankan waktu dan pikiran dalam memberikan bimbingan dan ilmu untuk penyelesaian Skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Sigi, 2011, *Sigi dalam Angka 2011*, Kabupaten Sigi, Palu.
- Bakorsultanal, 1997, *Lembar Peta Geologi* .Pasang kayu.
- Fatirah, 2010, *Penentuan Sistem Reservoir Panas Bumi Bora di Kabupaten Sigi Biromaru dengan Metode Geolistrik Hambatan Jenis, UNTAD, Palu.*
- Haerudin, Nandi dan Syamsurijal Rasimeng dan Eva Yuliana, 2008, *Metode Geolistrik Untuk Menentukan Pola Penyebaran Fluida Geothermal Di Daerah Potensi Panasbumi Gunung Rajabasa Kalianda Lampung Selatan*.jurnal Fisika FMIPA Volume 2, Universitas Lampung.
- Hersir, G.P., and Björnsson, A., 1991: *Geophysical exploration for geothermal resources. Principle and applications*. UNU-GTP, Iceland, Report 15, 94 pp.
- Huenges, E., 2010. *Geothermal energy system: Exploration, Development, and Utilization*. Wiley-VCH.
- Lange, O., Ivanova, M, dan Lebedeva, N., 1991, *Geologi Umum*, Gaya Media Pratama Jakarta.

- Llera F.J., Sato M., Nakatsuka K., and Yokoyama H., (1990). *Temperature dependence of the electrical resistivity of water saturated rocks*. Geophysics, 56, 576-585.
- Loke, M.H, 2000, *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A Practical Guide. to 2-D and 3-D Surveys*, <http://www.geometrics.com>.
- Moediyono, 2010. *Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB)*. Universitas Diponegoro. Semarang
- N. Saptadji,. 2003, *Sekilas tentang Panasbumi (Geothermal)*. <http://www.google.co.id/geothermal.itb.ac.id/>.
- P.B.A, Dewa, 2012, *Identifikasi Sistem PanasBumi di Desa Masaingi dengan Menggunakan Metode Geolistrik*, UNTAD, Palu.
- Suryadi.Y., 2015. *Identifikasi Sebaran Temperatur PanasBumi Desa Mantikole dengan Menggunakan Metode Geolistrik*, UNTAD, Palu.
- Telford W.M., dan Geldart L.P, dan Sheriff R., 1990, *Applied Geophysics, Second Edition*, Cambridge University, USA.
- Ussher.G, Harvey Colin, Johnstone.R, Anderson.E (2000). *Understanding the Resistivity Observed in Geothermal System*. PB Power GENZL Division, New Zealand.