

Identifikasi Zona Akifer Hidrotermal Menggunakan Metode Geolistrik Hambatan Jenis di Sekitar Sumber Air Panas Panggo Desa Kaloling Kabupaten Sinjai

Lantu¹, D. A. Suriamihardja², A. M. Imran³, dan Tri Harianto⁴

¹Program Pasca Sarjana Ilmu Teknik Sipil Universitas Hasanuddin

²Program Studi Geofisika jurusan Fisika FMIPA Unhas

³Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Unhas

⁴Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unhas
geolantu@gmail.com

Received 23-06-2015, Revised 27-09-2015, Accepted 02-10-2015, Published 20-10-2015

ABSTRACT

Geothermal energy is one of the natural resources which emerged on the subsurface of the earth can be in a gaseous form (the vapor heat) or in the form of hydrothermal. The geothermal Panggo that located at watersheds of Kalamisu river, was one of the three sources of hydrothermal system existing in district Sinjai East. The existence of the geothermal system in this area will much give many advantages if managed optimally. This research aims to map the spread of the hydrothermal aquifer zone at the subsurface and its potentials in Panggo village based on electrical properties. Methods used in this research were geo-electrical using Wenner and Schlumberger configurations. At all these research areas, it is found the presence of zones which have low resistivity ($< 20 \Omega\text{m}$), and it is interpreted as the spread of hydrothermal zones. The hydrothermal system appears at subsurface allegedly caused by the geological fault of Kalamisu across this region.

Keywords : hydrothermal, aquifer, geoelectric, and resistivity

ABSTRAK

Energi geotermal adalah salah satu sumber daya alam yang muncul dipermukaan bumi dalam bentuk energi gas (uap panas) atau dalam bentuk hidrotermal. Geotermal panggo yang terletak di daerah aliran sungai kalamisu, adalah salah satu dari tiga sumber hidrotermal di kabupaten sinjai yang ada di kecamatan Sinjai timur. Keberadaan sistem panas bumi di daerah ini akan banyak memberi banyak manfaat jika dikelola secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan sebaran zona akuifer hidrotermal di bawah permukaan bumi Panggo dan potensi-potensi yang dimiliki berdasarkan pada sifat-sifat listrik yang dimiliki. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode geolistrik hambatan jenis dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger dan konfigurasi Wenner. Di semua daerah penelitian ditemukan adanya zona yang juga rendah resistivitas ($< 20 \Omega\text{m}$), dan itu ditafsirkan sebagai zona penyebaran *hydrothermal*. Sistem hidrotermal muncul dari lapisan bawah permukaan diduga akibat sesar geologi Kalamisu yang melintasi wilayah ini.

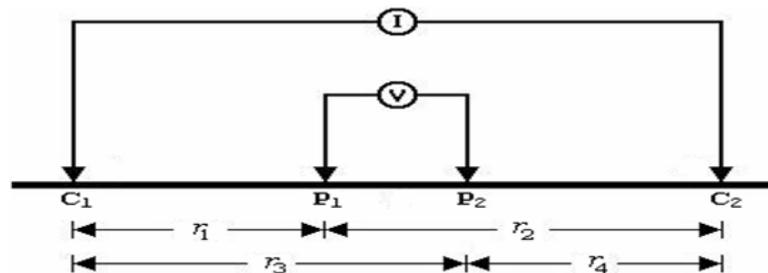
Kata kunci: *hydrothermal*, akifer, geolistrik, dan resistivitas

PENDAHULUAN

Sumber air panas Panggo berada pada posisi UTM 120.24122-120.24036 mE dan 5.18272 -5-18197 mS, yang terletak di desa Kaloling Kecamatan Sinjai Timur pada daerah aliran sungai Kalamisu. Temperatur manifestasi terukur 62°C dengan temperatur udara 34

°C, debit alir 1 liter/detik dan PH terukur 8,46^[1]. Sumber air panas Panggo merupakan salah satu dari tiga sumber air panas yang ada di kecamatan Sinjai Timur. Sebelum pemekaran wilayah, ketiga sumber air panas ini berada dalam satu Desa yakni Desa Kampala. Ketiga sumber air panas tersebut adalah sumber air panas Waepellae di Desa Kampala, sumber air panas Pangesoran di Desa Salohe dan sumber air panas Panggo di Desa Kaloling. Sumber air panas Panggo dan Pengesoren terletak di daerah aliran sungai Kalamisu. Sedang sumber air panas waepellae Kampala berada ditepi sungai Mangottong. Kedua sungai ini mempunyai hulu di kaki gunung Lompobatang-Bawakaraeng. Air panas yang muncul di ketiga lokasi disebutkan karena adanya sesar kalamisu yang melintasi ketiga wilayah ini. Sampai saat ini pemanfaatan ketiga sumber energi geotermal ini untuk pengembangan daerah belum begitu optimal, padahal potensi untuk itu cukup banyak, minimal sebagai objek wisata. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi potensi yang dimiliki sistem geotermal di daerah ini. Tujuan penelitian ini adalah memetakan zona-zona penyebaran hidrotermal dan identifikasi posisi akuifer sumur air panas Panggo dengan menggunakan metode geolistrik hambatan jenis. Alasan pemilihan metode ini karena metode geolistrik sangat baik untuk memetakan zona konduktif di area yang memiliki kontras resistivitas tinggi. Hasil dari penelitian diharapkan menambah referensi pemerintah untuk meningkatkan daya guna dan hasil guna potensi sumber geotermal yang ada di daerah.

Penelitian dilakukan dengan metode geolistrik hambatan jenis dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger dan Wenner, untuk memetakan struktur pelapisan batuan dalam bentuk 1D dan 2D secara vertical maupun horisontal. Parameter yang diukur melalui pengukuran langsung di lapangan untuk mengetahui resistivitas semu pada setiap spasi elektroda. Konfigurasi elektroda pada metode geolistrik hambatan jenis digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Dua pasang elektroda arus dan potensial pada permukaan medium bumi

Untuk konfigurasi elektrod Wenner, resistivitas semu dirumuskan seperti pada Persamaan 1.

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

ρ_a adalah resistivitas semua jarak antar elektroda. ΔV merupakan selisih potensial antara elektode potensial. Sedangkan I adalah arus yang dialirkan dalam tanah.

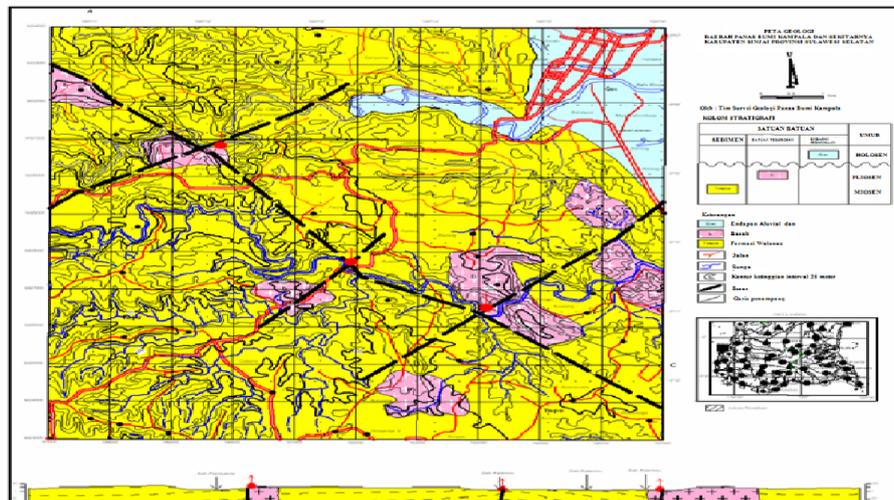
Untuk pengukuran dengan *Vertical Sounding Electricity* (VSE) digunakan konfigurasi Schlumberger, resistivitas semu untuk konfigurasi ini adalah seperti pada Persamaan 2.

$$\rho_a = \frac{\pi(L^2 - l^2) \Delta V}{2l I} \quad (2)$$

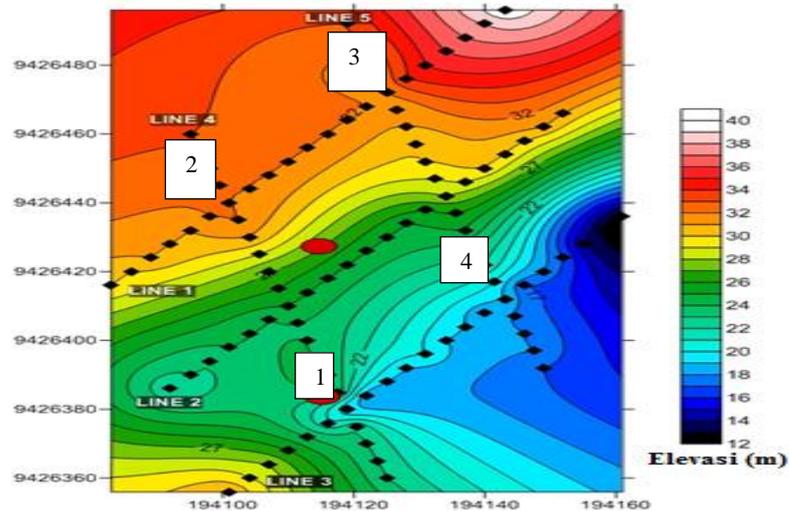
L adalah $\frac{1}{2}$ jarak pasangan elektrode arus. Sedangkan l adalah $\frac{1}{2}$ jarak pasangan elektrode potensial.

METODE

Sumber air panas Panggo berada pada posisi UTM 120.24122-120.24036 mE dan 5.18272 -5-18197 mS, yang terletak di desa Kaloling Kecamatan Sinjai Timur pada daerah aliran sungai Kalamisu.



Gambar 2. (Color Online) Peta geologi lokasi penelitian



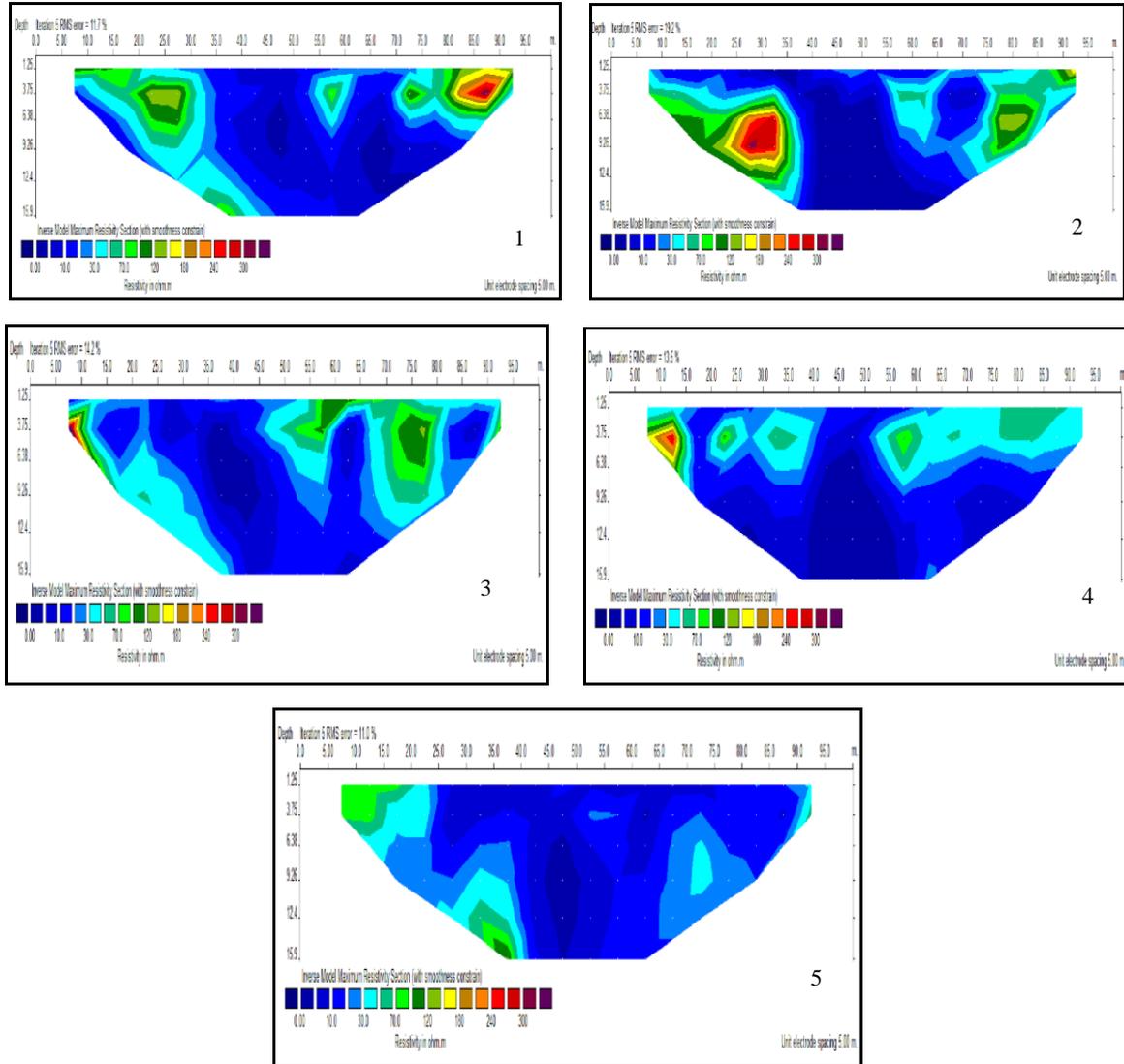
Gambar 3. (Color Online) Lintasan pengambilan data Wenner (line 1 s/d line 5) dan titik *Sounding* Schlumberger (Titik *sounding* 1 s/d 4)

Peralatan yang digunakan adalah 1 unit resistivitymeter *Single-Channel Twin Probe Resistivity (G-Sound)*. Pengukuran dilakukan secara langsung di sekitar sumur *geothermal* dengan menggunakan konfigurasi Wenner sebanyak lima lintasan dengan panjang bentangan masing-masing 100 m dan spasi elektrode 5m. Analisis dan interpretasi data pada konfigurasi Wenner dilakukan dengan menggunakan *software RES2INV*. Selanjutnya dilakukan pengukuran diempat titik *sounding* dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger dan analisis datanya menggunakan *software IP2WIN*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data dari 5 lintasan konfigurasi Wenner dan 4 titik *sounding* konfigurasi Schlumberger diperoleh sebagai berikut.

Hasil Pengolahan dan Analisis data dengan Konfigurasi Wenner



Gambar 4. (Color Online) Penampang 2D hasil pengolahan RES2INV di lintasan pengukuran dengan konfigurasi Wenner

Hasil Pengolahan pengolahan data dengan menggunakan RES2INV diperoleh bahwa pada ke lima lintasan dengan konfigurasi Wenner diperoleh sebagai berikut:

1. Pada lintasan 1 dengan panjang bentangan 100 m dengan spasi antara elektroda paling kecil sejauh 5 m, hasil analisis data terdeteksi sampai kedalaman dengan 16 m dengan variasi resistivitas seperti pada Gambar 4 pada nomor 1. Pada lintasan ini secara umum teridentifikasi 3 jenis batuan yakni zona dengan resistivitas $< 20 \Omega\text{m}$ (biru tua) dengan kedalaman dari 3,75. Zona dengan resistivitas antara $20 \Omega\text{m} - 180 \Omega\text{m}$ (biru muda sampai hijau) dan zona dengan resistivitas $> 180 \Omega\text{m}$ (coklat sampai merah).
2. Pada lintasan 2 yang dilakukan searah dengan lintasan 1 dengan panjang lintasan sama dengan lintasan 1. Pada lintasan ini teridentifikasi kedalaman sampai 20 m. Pada lintasan ini, secara umum juga teridentifikasi 3 jenis batuan yakni batuan dengan variasi

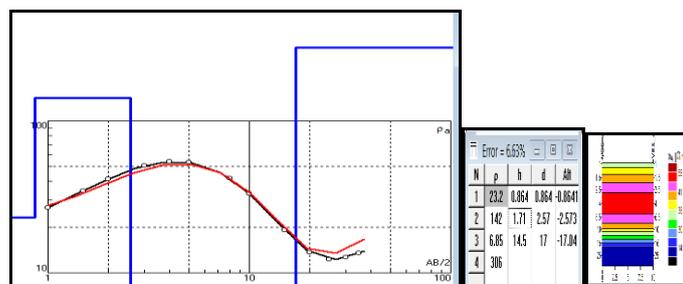
- resistivitas $<20 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman mulai dari 4 m ke bawah, zona dengan resistivitas antara $20 \Omega\text{m}$ - $180 \Omega\text{m}$, dan zona resistivitas $>200 \Omega\text{m}$
3. Pada lintasan 3 dilakukan searah dengan lintasan 1 dan 2 mengarah dari Barat Daya di tepi aliran sungai Kalamisu. Pada lintasan ini lebih didominasi dengan zona resistivitas rendah yang terdiri dari zona dengan resistivitas $< 20 \Omega\text{m}$ dan zona dengan resistivitas antara $20 \Omega\text{m}$ - $70 \Omega\text{m}$.
 4. Lintasan 4 dilakukan memotong lintasan 1, 2, dan 3 mengarah ke daerah aliran sungai Kalamisu yakni arah Barat Laut-Tenggara (NW-SE) dengan panjang bentangan 100 m. Pada lintasan 4, kedalaman penetrasi teridentifikasi sampai pada kedalaman 16 m. Pada lintasan ini teridentifikasi pula zona dengan resistivitas rendah hampir sepanjang lintasan. Zona dengan resistivitas agak tinggi yang nilainya lebih besar dari $20 \Omega\text{m}$ hanya ditemukan pada ujung atas lintasan pengukuran.
 5. Lintasan 5 dilakukan searah dengan lintasan 4. Pada lintasan ini teridentifikasi pula sampai kedalaman 16 m. Hasil inversi menunjukkan bahwa pada lintasan ini teridentifikasi zona dengan resistivitas rendah yakni di bawah $20 \Omega\text{m}$ dan nilai resistivitas yang agak tinggi antara $20 \Omega\text{m}$ - $80 \Omega\text{m}$ dan resistivitas diatas $80 \Omega\text{m}$ pada ujung atas

Dari lima lintasan pengukuran dengan konfigurasi Wenner, ditunjukkan secara umum ada tiga jenis material dengan resistivitas $\rho < 20 \Omega\text{m}$, ditafsirkan sebagai zona penyebaran hidrotermal, zona dengan resistivitas $20 \Omega\text{m} < \rho < 180 \Omega\text{m}$ ditafsirkan sebagai lempung yang sebagian telah mengeras, sedang zona dengan resistivitas $> 200 \Omega\text{m}$ ditafsirkan sebagai batuan basalt. Kelima lintasan didominasi oleh material dengan resistivitas rendah dan kedalaman bervariasi dan cukup dekat dengan permukaan tanah. Zona yang memiliki resistivitas rendah ini ditafsirkan sebagai zona hidrotermal. Dapat dikatakan bahwa zona sebaran hidrotermal tersebar merata di area penelitian. Zona ini merupakan lapisan pasir porositas tinggi, sehingga sistem hidrotermalnya mudah menyebar disekitar sumber panas bumi yang ada.

Sounding dengan Konfigurasi Schlumberger

Untuk melihat struktur 1D pelapisan batuan secara vertikal, dilakukan pengukuran dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger. Pengukuran dilakukan di empat titik pada sudut lintasan terluar daerah survei. Panjang bentangan elektroda setiap titik *sounding* 70 m, hasil analisis inversi datanya seperti pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 8.

1. Titik *sounding* 1

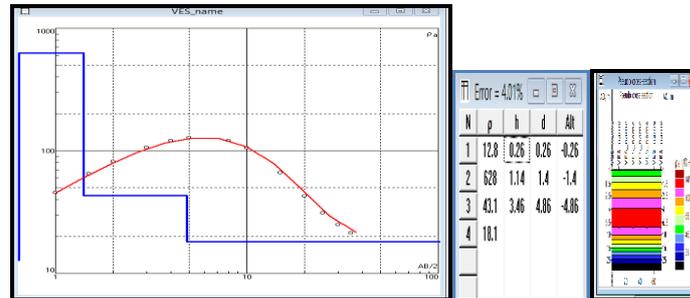


Gambar 5. (Color Online) Titik *Sounding* 1 konfigurasi Schlumberger

Pada *sounding* 1 terdeteksi 4 lapisan dengan resistivitas masing-masing $23,2 \Omega\text{m}$; $142 \Omega\text{m}$; $6,85 \Omega\text{m}$; dan $306 \Omega\text{m}$. Lapisan 1 ditafsirkan sebagai lapisan pasir dan aluvium yang terintrusi dengan rembesan air sungai. Lapisan ke 2 merupakan lapisan penutup yang terdiri dari batuan basalt dan pasir yang mengeras. Sedang lapisan ke-3 diprediksi sebagai

zona hidrotermal dengan resistivitas 6,85 Ω m. Lapisan ke-3 merupakan lapisan yang sangat poros dengan ketebalan sekitar 1,7 m. Sedangkan lapisan dengan resistivitas 306 Ω m merupakan batuan dasar terdiri batuan basalt dan tufa vulkanik.

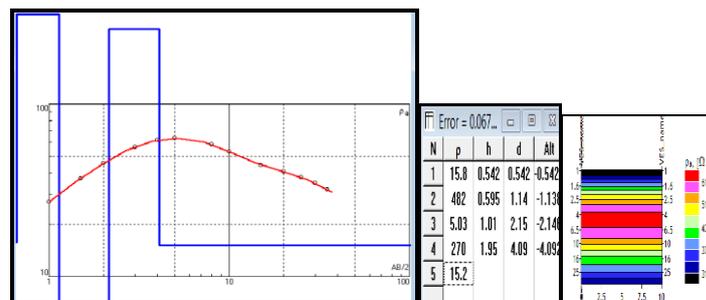
2. Titik sounding 2



Gambar 6. (Color Online) Titik sounding 2 konfigurasi Schlumberger

3. Titik sounding 3

Pada sounding ke-2 terdeteksi 4 lapisan dengan resistivitas masing-masing 12,8 Ω m; 628 Ω m; 43,1 Ω m; dan 18,1 Ω m. Lapisan 1, 3, dan 4 juga merupakan lapisan dengan resistivitas rendah. Lapisan pertama diindikasikan sebagai endapan batu pasir dan lempung yang terintrusi air sungai, sedang lapisan ke-3 dan ke-4 ditafsirkan sebagai alluvium tapi merupakan merupakan zona hidrotermal dengan resistivitas 43,1 Ω m dan 18 Ω m. Sedangkan lapisan ke-2 merupakan lapisan penutup dengan resistivitas 628 Ω m diperkirakan sebagai batuan basalt.



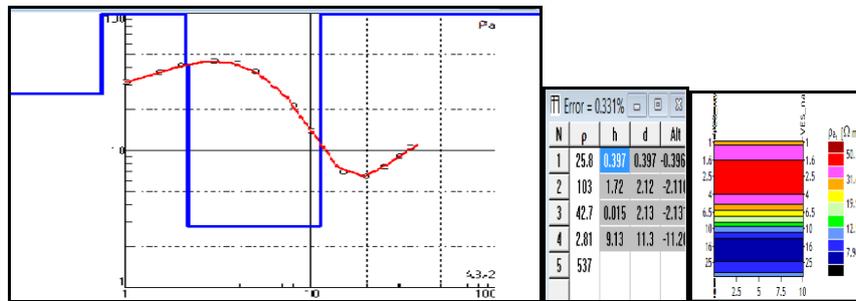
Gambar 7. (Color Online) Titik sounding 3 konfigurasi Schlumberger

Pada sounding ke 3 secara kuantitatif terdeteksi 5 lapisan dengan resistivitas masing-masing 15,8 Ω m; 482 Ω m; 5,03 Ω m; 270 Ω m; dan 15,2 Ω m. Seperti halnya pada titik sounding ke-1 dan ke-2, dimana lapisan 1 dan lapisan 3 merupakan lapisan dengan resistivitas rendah. Lapisan ke 1 merupakan lapisan lempung, *alluvium* dan pasir dengan ketebalan 0,5 m. Lapisan ke-3 merupakan lapisan dengan resistivitas yang sangat rendah yang diinterpretasikan sebagai zona hidrotermal dengan kedalaman berkisar 2,15 m. Sedangkan lapisan 4 dengan resistivitas 270 Ω m ditafsirkan sebagai merupakan batuan basalt yang telah mengalami pelapukan dan retas oleh aktivitas tektonik. Lapisan ke-5 ditafsirkan zona akifer hidrotermal.

4. Titik sounding 4

Pada sounding ke-4 terdeteksi 5 lapisan dengan resistivitas masing-masing adalah 25,8 Ω m; 103 Ω m; 42,7 Ω m; 2,81 Ω m; dan 537 Ω m. Lapisan 1 ditafsirkan sebagai lapisan Alluvium yang terdiri dari endapan pasir dan lempung dengan tebal 0,4 m. Lapisan 3

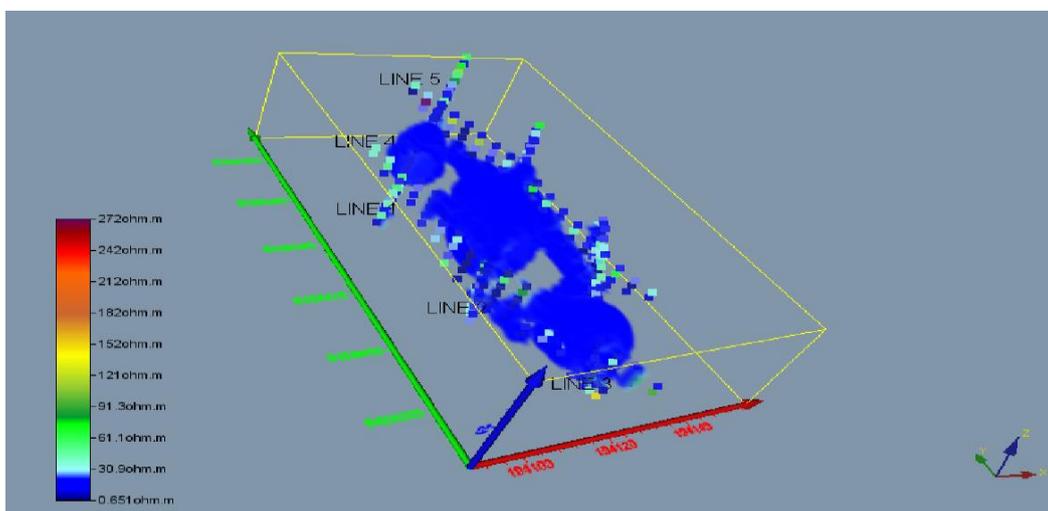
dan lapisan 4 merupakan zona akifer hidrotermal dengan kedalaman lebih dari 11 m. Lapisan 2 merupakan lapisan dengan resistivitas tinggi dan ditafsirkan sebagai batuan basalt yang telah mengalami pelapukan dan retas oleh aktivitas tektonik. Lapisan ke-5 diinterpretasi sebagai batuan dasar berupa tufa vulkanik dengan resistivitas 537 Ωm . Profil warna pelangi yang tergambar pada bagian kanan setiap kurva *sounding* menyatakan variasi nilai resistivitas semu secara vertikal pada setiap titik *sounding*. Ada kesesuaian antara pengukuran dengan konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger dimana pada setiap ujung lintasan pengukuran dengan konfigurasi Wenner teridentifikasi adanya batuan dengan resistivitas tinggi. Zona ini ditafsirkan merupakan zona batas penyebaran hidrotermal dangkal.



Gambar 8. (Color Online) Titik *sounding* 4 konfigurasi Schlumberger

Pada *sounding* ke-4 terdeteksi 5 lapisan dengan resistivitas masing-masing adalah 25,8 Ωm ; 103 Ωm ; 42,7 Ωm ; 2,81 Ωm ; dan 537 Ωm . Lapisan 1 ditafsirkan sebagai lapisan Alluvium yang terdiri dari endapan pasir dan lempung dengan tebal 0,4 m. Lapisan 3 dan lapisan 4 merupakan zona akifer hidrotermal dengan kedalaman lebih dari 11 m. Lapisan 2 merupakan lapisan dengan resistivitas tinggi dan ditafsirkan sebagai batuan basalt yang telah mengalami pelapukan dan retas oleh aktivitas tektonik. Lapisan ke-5 diinterpretasi sebagai batuan dasar berupa tufa vulkanik dengan resistivitas 537 Ωm .

Profil warna pelangi yang tergambar pada bagian kanan setiap kurva *sounding* menyatakan variasi nilai resistivitas semu secara vertikal pada setiap titik *sounding*. Ada kesesuaian antara pengukuran dengan konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger dimana pada setiap ujung lintasan pengukuran dengan konfigurasi Wenner teridentifikasi adanya batuan dengan resistivitas tinggi. Zona ini ditafsirkan merupakan zona batas penyebaran hidrotermal dangkal.



Gambar 9. (Color Online) Profil sebaran air panas Panggo

Dengan menggabungkan hasil analisis dan interpretasi pengukuran dengan konfigurasi Wenner, maka profil zona penyebaran sistem hidrotermal dapat digambarkan seperti pada Gambar 9.

KESIMPULAN

Hasil analisis dan interpretasi data hasil pengukuran 1D dan 2D dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger dan konfigurasi Wenner dan didukung oleh data geologi berupa peta geologi daerah Kampala dan sekitarnya menunjukkan bahwa berdasarkan hasil pengukuran dengan konfigurasi Wenner ditemukan secara konsisten zona dengan resistivitas $<20 \Omega\text{m}$ pada semua lintasan survei. Zona ini ditafsirkan sebagai zona penyebaran hidrotermal dengan kedalaman bervariasi dari 1m sampai 12 m. Hasil ini lebih diperkuat dengan terdapatnya sumur-sumur air panas di daerah survei. Berdasarkan hasil pengukuran dengan konfigurasi Schlumberger teridentifikasi 4 sampai 5 lapisan. Pada setiap titik *sounding* secara konsisten pada lapisan ke 3 atau 4 ditemukan adanya struktur dengan resistivitas dibawah $20 \Omega\text{m}$. Lapisan diinterpretasikan zona lapisan sistem hidrotermal. Terdapatnya struktur dengan resistivitas tinggi disetiap titik *sounding* tergambar pula pada setiapujung lintasan Wenner. Zona ini dapat ditafsirkan sebagai zona batas untuk akifer dangkal. Pada titik *sounding* 4 daerah lingkup penelitian ditemukan zona dengan resistivitas sangat rendah ($< 3 \Omega\text{m}$) dan diindikasikan sebagai zona akifer hidrotermal dengan kedalaman berkisar 11,3 m.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andri, E. S.W., Nanlohi, F., dan Bakrun. 2007. Survei Panas Bumi Terpadu (Geologi, Geokimia Dan Geofisika) Daerah Kampala Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. *Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi*
2. Bakrun., dan Widodo, S. 2007. Survey Geolistrik Di Daerah Panas Bumi Kampala Kabupaten Sinjai–Sulawesi Selatan. *Proceeding Pemaparan HasilKegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Pusat Sumber Daya Geologi*
3. Arnata, D. P. B., Musa, M. D., dan Sabhan. 2012. Identifikasi Sistem Panas Bumi Di Desa Masaingi Dengan Menggunakan Metode Geolistrik. *Jurnal Natural Science*, Vol. 1, No. 1, Hal. 1-6.
4. Eko Minarto. 2007. Pemodelan Inversi Data Geolistrik Untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panasbumi Mataloko. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 3, No. 2, Hal. 1-5.
5. Rolia, E. 2011. Penggunaan Metode Geolistrik untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah. *TAPAK*, Vol. 1, No. 1.
6. Mizunaga, H. 2005. Imaging of a Geothermal Reservoir using a 4-D Geoelectrical Method. *Proceeding World Geothermal Congress 2005*. Turkey
7. Laila, I. K., Muryanto, S., dan Rachmansyah A. 2013. Sebaran Mata Air Panas Blawan-Ijen berdasarkan Data Geolistrik Resistivitas. *Natural B*, Vol.2 No.2.
8. Caglar, I., dan Demirorer, M. 1999. Geothermal exploration using geoelectric methods in Kestanbol, Turkey. *Geothermics*, Vol. 28, Hal. 803-819.