

Identifikasi Sistem Perlapisan Blok – B Area Panas Bumi Lainea Konawe Selatan Menggunakan Metode Vertical Electrical Sounding (Ves) Konfigurasi *Schlumberger*

Identification of The Layering System in Blok – B Geothermal Area Lainea South Konawe We Using Vertical Electrical Sounding (VES) Method Schlumberger Congfigution

Annisa Tiara Saputri¹, Jamhir Safani^{1*}, Syamsul Razak Haraty¹

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Article history:

Received: 29-September-2023

Accepted: 04-April-2025

Keywords:

VES Geoelectric,
schlumberger configuration,
geothermal layering system

Correspondent author:

jamhir.safani@uho.ac.id

Abstrak. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi sistem perlapisan bawah permukaan Panas Bumi Lainea menggunakan data resistivitas semu. Data yang diperoleh dari Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) pada tahun 2010, diinversi dengan metode particle swarm optimization (PSO). Hasil inversi menunjukkan bahwa terdapat 5 lapisan dengan rentang nilai resistivitas yang berbeda-beda. Lapisan pertama berupa tanah penutup yang tipis di dekat permukaan dengan ketebalan 0,5-1.2 m. lapisan kedua diduga sebagai batuan Lempung&Konglomerat. Lapisan ketiga diinterpretasikan sebagai cap-rock dengan litologi Meta-Batupasir yang rentang nilai $161 < 433 \Omega m$. Lapisan keempat dengan litologi Batupasir diduga sebagai Reservoir dengan nilai resistivitas $20.6-21 \Omega m$. Lapisan paling bawah dengan nilai rentang nilai resistivitas $107 < 137 \Omega m$ diinterpretasikan sebagai batuan Metamorf yang diduga berperan sebagai lapisan impermeable.

Abstract. The purpose of this research is to identify the Lainea Geothermal subsurface layer system using apparent resistivity data. Data obtained from the Centre for Geological Resources (PSDG) in 2010 was inverted using the particle swarm optimisation (PSO) method. The inversion results show that there are 5 layers with different ranges of resistivity values. The first layer is a thin overburden near the surface with a thickness of 0.5-1.2 m. The second layer is thought to be clay & conglomerate rock. The third layer is interpreted as cap-rock with Meta-Sandstone lithology with a value range of $161 < 433 \Omega m$. The fourth layer with Sandstone lithology is thought to be Reservoir with a resistivity

value of $20.6-21\Omega m$. The bottom layer with a resistivity value range of $107 < 137\Omega m$ is interpreted as Metamorphic rock which is thought to act as an impermeable layer.

© 2026 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Panas bumi adalah energi panas yang berasal dari kerak mantel, dan inti bumi dengan suhu yang tinggi. Keadaan komponen bumi berada dalam kondisi yang lebih panas dari pada kondisi bawah permukaan yang lebih panas menuju ke permukaan melalui *imperamble rock*. Sistem panas bumi biasanya ditandai adanya manifestasi permukaan, menunjukkan gejala yaitu seperti fumarole, solfarata, mata air panas, lumpur panas, uap dan batuan alterasi (Atintalofa, *et al.*, 2020).

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang pengukurannya berdasarkan sifat aliran listrik di dalam bumi yang dapat dideteksi dari permukaan bumi. Metode yang mampus mengidentifikasi litologi di bawah permukaan di daerah manifestasi panas bumi salah satunya adalah dengan menggunakan metode resistivitas, (Halik. 2008).

Hasil survei badan sumber daya geologi memperlihatkan adanya potensi panas bumi yang ditandai dengan munculnya beberapa kelompok mata air panas dengan temperature antara $48^{\circ}-80^{\circ}C$ sekitar sesar boro-boro yang pada umumnya muncul di lingkungan batuan metamorf dan sedem (Asep, 2011). Survei pendahuluan yang digunakan untuk

mengetahui potensi panas bumi dengan melakukan survei geofisika. Metode geofisika yang sudah biasa digunakan dalam penyelidikan panas bumi adalah gaya berat, geolistrik dan magnetik. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik VES (vertical electrical sounding) dengan konfigurasi schlumberger. (Bagus, 2016).

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian bertempat di desa Kaindi dan Lainea, kecamatan Lainea, kabupaten Konawe Selatan. Pengolahan dan analisis dilakukan di Laboratorium Terpadu Geofisika dan Pertambangan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo Kendari.

2.1. Konsep Dasar Metode Resistivitas

Jika pada suatu silinder konduktor dengan panjang L , luas penampang A , dan resistivitas R maka dapat dirumuskan berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Dimana:

R : Resistansi

L : Panjang Penampang (m)

A : Luas Penampang (m^2)

ρ : Resistivitas

Dimana secara fisis rumus tersebut dapat diartikan jika panjang silinder konduktor (L) dinaikkan, maka resistansi akan meningkat,

dan apabila diameter silinder konduktor diturunkan yang berarti luas penampang (A) berkurang maka resistansi juga meningkat. Dimana ρ adalah resistivitas (tahanan jenis) dalam Ωm .

Untuk rangkaian listrik, $R = \frac{V}{I}$ (hukum ohm), dimana V dan I adalah beda potensial dan arus yang melewati sebuah resistor (Farihanum *et al.*, 2020) sehingga didapatkan nilai resistivitas (ρ):

$$\rho = \frac{V A}{I L} \quad (2)$$

Menurut hukum Ohm, hubungan antara rapat arus J dan kuat medan listrik E adalah:

$$J = \sigma E \quad (3)$$

dengan σ adalah konduktivitas suatu medium. Jika besar kuat medan listrik $E = \frac{V}{L}$, maka diperoleh besar rapat arus $J = \sigma \frac{V}{L}$, sehingga persamaan untuk kuat arus I adalah:

$$I = \sigma \frac{V}{L} A \quad (4)$$

Persamaan (4) menunjukkan bahwa saat σ konstan, maka beda potensial V sebanding dengan arus total I . Perbandingan antara V dan I . Perbandingan antara V dan I pada konduktor disebut hambatan, dengan persamaan

$$R = \frac{V}{I} \quad (5)$$

Dari persamaan (4) dan (5) diperoleh hubungan antara hambatan R dengan konduktivitas σ pada saat suhu logam konduktor sebagai berikut:

$$R = \frac{1}{\sigma} \frac{L}{A} \quad (6)$$

Hubungan antara tahanan jenis ρ dan konduktivitas medium σ dapat dinyatakan melalui persamaan:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} \quad (7)$$

Maka dari persamaan (6) dan (7) diperoleh persamaan baru yaitu:

$$\frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A} \quad (8)$$

Merujuk pada persamaan (8) bahwa tahanan jenis ρ memiliki hubungan berbanding terbalik dengan konduktivitas medium σ , sehingga secara otomatis akan berdampak juga pada hubungannya dengan kuat arus. Berdasarkan persamaan (8) dijelaskan bahwa tahanan jenis ρ memiliki hubungan berbanding terbalik dengan kuat arus I , dimana semakin besar nilai tahanan jenis suatu medium maka akan semakin kecil atau sulit untuk arus mengalir begitupun sebaliknya.

Pada metode ini, bumi di anggap medium homogen isotropis. Sehingga saat dialirkan arus listrik ke dalam bumi, arus listrik tersebut akan mengalir ke segala arah dan berbentuk setengah bola. Jika arus listrik I dialirkan pada medium homogen isotropis dengan luas A maka dapat dihitung nilai kerapatan arus J dengan menggunakan persamaan (4). Apabila persamaan (7) disubsitusikan pada persamaan (3), maka didapat hubungan antara kerapatan arus J dan tahanan jenis ρ sebagai berikut:

$$J = \frac{E}{\rho} \quad (9)$$

Medan listrik E merupakan gradien potensial atau perbedaan potensial antara dua titik diinjeksikan arus listrik dan nyatakan oleh persamaan:

$$E = -\Delta V = -\frac{dv}{dr} \quad (10)$$

Jika pada persamaan (9) dan (10) disubstitusikan nilai medan listrik E , maka akan menunjukkan hubungan antara gradien

potensial dengan tahanan jenis ρ dan rapat arus J melalui persamaan:

$$\frac{dv}{dr} = -\rho J \quad (11)$$

Dari persamaan (1) dan (11) akan diperoleh hubungan antara gradien potensial dengan luas permukaan A dan kuat arus listrik I .

$$\frac{dv}{dr} = -\rho \frac{I}{A} \quad (12)$$

Diketahui bahwa luas permukaan A adalah luas permukaan untuk distribusi arus yang berbentuk setengah bola $2\pi r^2$ sehingga perbedaan potensial dV terhadap distribusi arus dr adalah:

$$dV = -\rho \frac{I}{2\pi r^2} dr \quad (13)$$

Dengan menggunakan persamaan integral, dapat diselesaikan persamaan (13) untuk memperoleh nilai beda potensial V pada titik r sebagai berikut:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r^2} \quad (14)$$

Dengan r adalah jarak antar elektroda arus dan elektroda potensial (Telford, 1990).

2.2. Resistivitas Semu (Apparent Resistivity)

Resistivitas semu atau tahanan jenis semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau. besarnya tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis pengganti untuk variasi tahanan jenis yang ada. Dimana asumsi dasarnya diturunkan dari medium homogen isotropik, sedangkan pada kenyataannya medium yang terukur adalah medium anisotropik yang tidak sederhana asumsi awal. Adanya perbedaan antara hasil pengukuran dengan harga tahanan jenis teoritis disebut anomali.

Tahanan jenis semu merupakan tahanan jenis dari suatu medium fiktif homogen yang

ekivalen dengan medium berlapis yang ditinjau pada persamaan berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (15)$$

Dengan ρ_a merupakan resistivitas semu, ΔV merupakan beda potensial yang terukur, I merupakan arus yang terukur, dan K merupakan factor geometri atau besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak elektroda arus (Wijaya, 2015).

2.3. Metode VES (Vertical Electrical Sounding)

Metode VES (*Vertical Electrical Sounding*) adalah salah satu dari metode geolistrik. Metode VES digunakan untuk menduga lapisan-lapisan material di bawah permukaan bumi berdasarkan sifat resistivitasnya. Nilai resistivitas (ρ) dihitung berdasarkan data arus listrik (I) dan beda potensial (V) yang diperoleh di lapangan. Data arus listrik dan beda potensial diperoleh dari injeksi arus listrik ke bawah permukaan bumi melalui pasangan elektroda arus (C1 C2) dan elektroda potensial (Asrafil 2019).

2.4. Konfigurasi Schlumberger

Syarat penentuan jarak AB dan MN diketahui melalui prinsip konfigurasi *Schlumberger*, dimana secara teoritis jarak MN tidak berubah, namun karena keterbatasan ketelitian alat ukur, maka jarak MN diubah. Ketika jarak AB sudah relatif besar dengan syarat bahwa perubahan maksimal jarak MN adalah 1/5 dari jarak AB

Konfigurasi *Schlumberger* banyak digunakan dalam survey geolistrik untuk prosedur

sounding. Konfigurasi ini bertujuan mencatat gradient potensial atau intensitas medan listrik dengan menggunakan pasangan elektroda deektor (potensial) yang berjarak relatif dekat dibanding dengan jarak elektroda arus. Elektroda potensial ditempatkan pada pertengahan elektroda arus. Elektroda arus dipindah-pindah sesuai jarak tertentu sampai hasil beda potensial sudah dianggap kecil. Faktor geometri dapat ditentukan melalui persamaan.

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} \frac{1}{r_2} \frac{1}{r_3} \frac{1}{r_4}}$$

$$= \pi \frac{\left[\left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \left(\frac{MN}{2}\right)^2\right]}{2\left(\frac{MN}{2}\right)} \quad (16)$$

Dimana K merupakan factor geometri (m). AB merupakan jarak antara elektroda arus (m). MN merupakan jarak antara elektroda potensial (m).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan 1 dimensi di tiap lintasan menunjukkan variasi jenis lapisan pada titik-titik tertentu. Beberapa lintasan teridentifikasi mempunyai 5 lapisan. Lapisan yang teridentifikasi merupakan lapisan penutup, alluvium, konglomerat meta-batupasir, batupasir, batuan metamorf. Berpatokan pada distribusi nilai resistivitas menurut kedalaman secara rinci diuraikan profil setiap lapisan

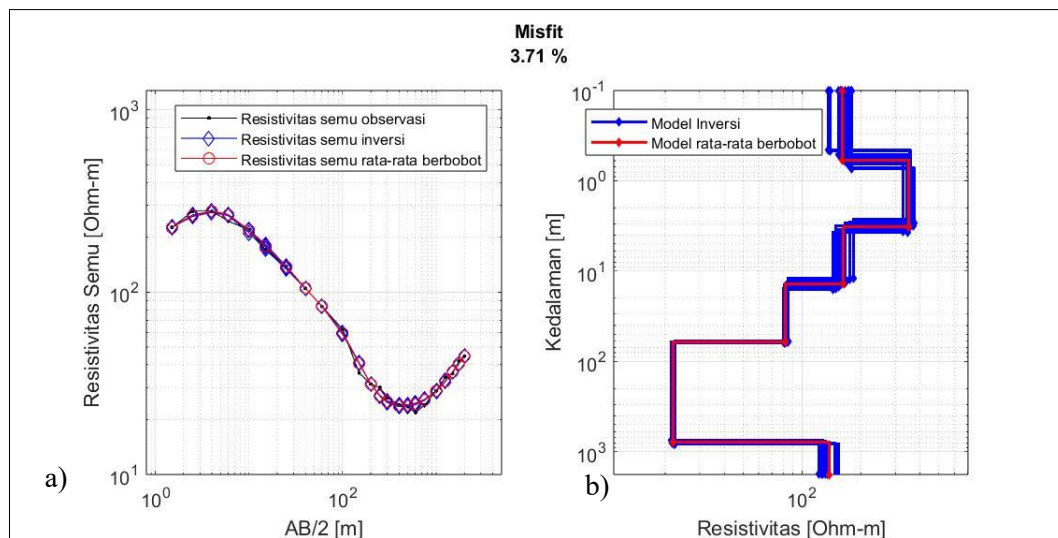
3.1. Titik VES 1

Hasil interpretasi pada Titik 1 dengan nilai *error* yaitu 3.71% berdasarkan hasil inversi menggunakan *software* Matlab pada (**Gambar 1**). **Tabel 1** tentang resistivitas, interpretasi,

kedalaman dan ketebalan dari tiap lapisan. Lapisan pertama mempunyai nilai ketahanan jenis sebesar 161 Ωm serta memiliki ketebalan dan kedalaman yaitu 0 – 0.5 meter. Lapisan kedua memiliki tahanan jenis 351 Ωm diduga sebagai lapisan Alluvium berada di kedalaman 0.5 meter dan tebal lapisan 2.6 m. lapisan ketiga tahanan jenisnya 161 Ωm diduga sebagai lapisan Konglomerat dengan kedalaman 3.1 meter memiliki ketebalan 10.7 meter, pada lapisan ke empat tahanan jenisnya 82 Ωm diduga sebagai Meta-batupasir dengan kedalaman dengan ketebalan 13.8 meter. Lapisan ke lima tahanan jenisnya 21 Ωm diduga Batupasir kedalaman 60.4 meter dengan ketebalan 722 meter, lapisan terakhir memiliki tahanan jenis 137 Ωm berupa *Half space* diduga sebagai Metamorf. yang masing-masing memiliki nilai resistivitas, ketebalan serta kedalaman yang berbeda – beda seperti pada Tabel 1.

3.2. Titik VES 2

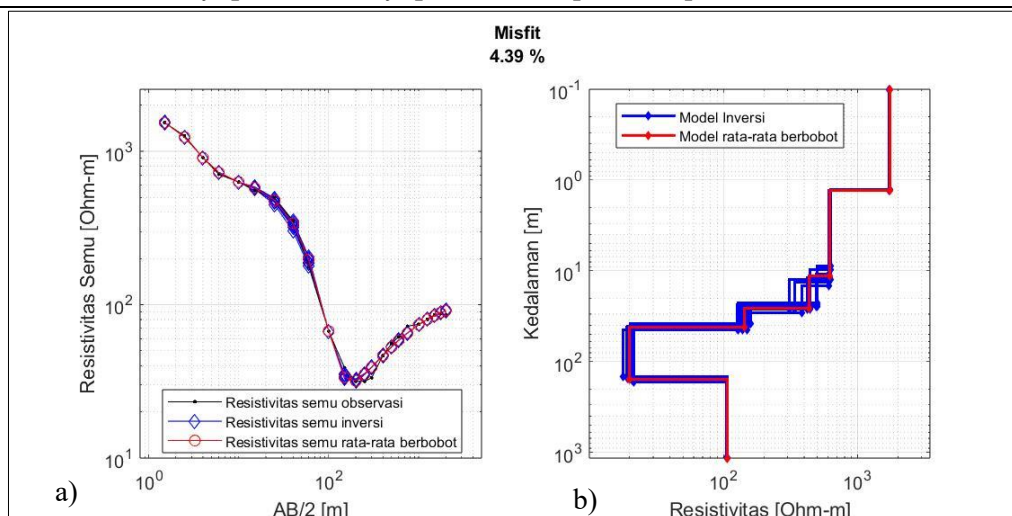
Hasil interpretasi pada Titik 2 dengan nilai *error* yaitu 4.39% Berdasarkan hasil inversi menggunakan *software* Matlab pada (**Gambar 2**). **Tabel 2** menunjukkan informasi tentang resistivitas, interpretasi, kedalaman dan ketebalan dari tiap lapisan. Lapisan pertama mempunyai nilai ketahanan jenis sebesar 1729 Ωm serta memiliki ketebalan dan kedalaman yaitu 0 - 1.2 meter. Lapisan kedua dan ketiga diduga sebagai lapisan Konglomert Pada lapisan ke empat tahanan jenisnya 143 Ωm di interpretasi Cap – Rock diduga sebagai lapisan Meta-Batupasir dengan kedalaman dengan ketebalan 15.9 meter.. Lapisan ke lima tahanan jenisnya 20.6 Ωm di interpretasikan



Gambar 1 Hasil pengolahan data untuk Titik 1: (a) kurva antara data observasi dan data kalkulasi, (b) Grafik model Inversi

Table 1. Hasil intetpretasi titik 1

Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi Sistem Panas Bumi	Interpretasi Litologi
161	0.5	0 – 0.5	Surface Layer	Tanah Penutup (Aluvium)
351	2.6	0.5 – 3.1	Surface Layer	Lempung
161	10.7	3.1 – 13.8	Cap-Rock	Lempung
82	46.6	13.8 – 60.4	Cap-Rock	Meta-batupasir
21	722	60.4 – 782.4	Reservoar	Batupasir
137	<i>Half space</i>	<i>Half space</i>	Lapisan Impermeabel	Metamorf



Gambar 2 Hasil pengolahan data untuk Titik 2: (a) kurva antara data observasi dan data kalkulasi, (b) Grafik model Inversi

Table 2. Hasil intetrpretasi titik 2

Nilai resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Interpretasi Sistem Panas Bumi	Interpretasi Litologi
1729	1.2	0 – 1.2	Surface Layer	Alluvium
618	10.1	1.2 – 11.3	Cap-Rock	Konglomerat
433	14.1	11.3 – 25.4	Cap-Rock	Konglomerat
143	15.9	25.4 – 41.3	Cap-Rock	Meta-Batupasir
20.6	113	42.3 – 154.3	Reservoar	Batupasir
107	Half space	Half space	Lapisan impermeabel	Metamorf

Reservoar diduga sebagai Batupasir kedalaman 42.3 meter dengan ketebalan 113 meter, lapisan terakhir memiliki tahanan jenis 107 Ωm berupa *Half space* di interpretasikan sebagai lapisan impermeable diduga sebagai lapisan Metamorf. yang masing-masing memiliki nilai resistivitas, ketebalan serta kedalaman yang berbeda – beda seperti pada **Tabel 2.**

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data yang dilakukan di daerah penelitian menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* dapat disimpulkan bahwa sistem perlapisan batuan di daerah penelitian berupa tanah penutup, Alluvium, konglomerat meta-batupasir, batupasir, batu metamorf, *cap-rock* diduga sebagai meta-batupasir, REservoar dengan nilai resistivitas yang rendah diduga batupasir dan batuan metamorf berperan sebagai lapisan *impermeable*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Sumber Daya Geologi yang telah menyediakan dan mengizinkan menggunakan data resistivitas yang diukur pada lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arintalofa, V., Yulianto, G., & Harmoko, U. (2020). Analisa Mikrotremor Menggunakan Metode HVSR untuk Mengetahui Karakteristik Bawah Permukaan Manifestasi Panas Bumi Diwak dan Derekan Berdasarkan Nilai Vp. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(2), 54–61.
- Asep, S. (2011). *Servei Magnetotelurik Daerah Panas Bumi Lainya Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara*. Sumber Daya Geologi.
- Bagus, H. (2016). *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi TG-011 dengan Menggunakan Metode Gaya Berat*. Skripsi. Universitas Negeri Lampung.
- Halik G., & Jojok, W. S. (2008). *Pendugaan Potensi Air Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kampus Tegal Boto Universitas Jember*. Media Teknik Sipil.
- Telford. W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* 2nd edition. Cambridge University Press. New York.

- Farihanum, A., Nasution, N., & Daulay, A. H. (2020). Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner untuk Interpretasi Struktur Bawah Permukaan Desa Panungkiran. *Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi*, 4(2), 18–26.
- Asrafil, A., Botjing, M. U., & Rugayya, S. (2019). Pendugaan Lapisan Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik dengan Teknik Vertical Electrical Sounding (VES) di Lokasi TPA Sampah Desa Jononunu, Parigi, Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(1), 68–76.
- Wijaya, A. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*. 19(55), 1–5.