

PENERAPAN METODE *VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING* (VES) DALAM PENENTUAN KEDALAMAN AKUIFER DI KELURAHAN SUKARAME

APPLICATION OF VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING (VES) METHOD TO DETERMINING THE DEPTH OF AQUIFER IN SUKARAME SUBDISTRICT

Boy Fernando Grace Nainggolan¹, Andri Yadi Paembonan², Alhada Farduwin^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Desa Way Huwi Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

Received: 2023, October 19th
Accepted: 2024, February 22nd

Keywords:

Aquifer;
Groundwater;
Resistivity;
VES

Correspondent Email:

alhada.farduwin@tg.itera.ac.id

How to cite this article:

Nainggolan, B.F.G.,
Paembonan, A.Y., & Farduwin,
A. (2024). Penerapan Metode
Vertical Electrical Sounding
(VES) Dalam Penentuan
Kedalaman Akuifer di
Kelurahan Sukarame. *JGE*
(*Jurnal Geofisika Eksplorasi*),
10(01), 24-36.

Abstrak. Kelurahan Sukarame di sebelah selatan kampus ITERA memiliki lahan kosong yang potensial untuk pembangunan perumahan, rumah kontrakan, dan industri. Namun, eksplorasi air tanah di daerah ini kurang banyak dilakukan, sehingga memerlukan perhatian khusus agar dilakukan eksplorasi air tanah untuk kebutuhan pembangunan dan penduduk sekitar. Langkah penting dalam menghadapi masalah ini adalah mengetahui keberadaan akuifer untuk memperoleh sumber air tanah yang memadai. Dalam penelitian ini, dilakukan pengidentifikasian akuifer menggunakan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) yang diharapkan dapat menentukan jenis litologi di bawah permukaan. Kemudian menentukan kedalaman lapisan akuifer dan mengenali jenis akuifernya. Pengukuran dilakukan di 11 titik *sounding* dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger. Kemudian jarak maksimal AB/2 dibentang sejauh 100 meter. Berdasarkan nilai resistivitas hasil inversi VES, area penelitian terdiri atas lapisan lempung tufan dengan resistivitas <20 Ω m, lapisan pasir tufan memiliki resistivitas berkisar antara 20 hingga 80 Ω m, sedangkan lapisan tuf dengan nilai resistivitas > 80 Ω m. Lapisan pasir tufan diperkirakan sebagai lapisan akuifer. Dari hasil pemodelan antar titik pengukuran, teridentifikasi dua jenis akuifer yang terdapat di area penelitian. Pertama merupakan jenis akuifer bebas yang dapat ditemukan pada kedalaman < 3 meter. Kedua merupakan jenis akuifer semi-tertekan yang dapat dijumpai pada kedalaman > 5 meter.

Abstract. The Sukarame sub-district located south of the ITERA campus has potential vacant land for housing, rental properties, and industrial development. However, groundwater exploration in this area has been limited, necessitating special attention to conduct groundwater exploration for the needs of development and the surrounding population. A crucial step in addressing this issue is to ascertain the

© 2024 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

presence of aquifers to obtain adequate groundwater resources. In this study, aquifers were identified using the Vertical Electrical Sounding (VES) method, which is expected to determine the lithology types beneath the surface. Subsequently, determining the depth of the aquifer layers and identifying their types. Eleven measurements were taken at sounding locations utilizing the Schlumberger configuration, with a maximum AB/2 spacing of 100 meters. Based on the resistivity values obtained from the VES inversion results, the research area consists of tuffaceous clay layers with resistivity $<20 \Omega m$, tuff sand layers with resistivity ranging from 20 to $80 \Omega m$, and tuff layers with resistivity $>80 \Omega m$. The tuff sand layer is estimated to be the aquifer layer. From the modelling results between measurement points, two types of aquifers were identified in the research area. The first is the unconfined aquifer type, which can be found at depths <3 meters. The second is the semi-confined aquifer type, which can be encountered at depths >5 meters.

1. PENDAHULUAN

Di Kelurahan Sukarame, terutama di bagian selatan kampus ITERA, memiliki potensi besar dalam pembangunan berkelanjutan karena masih terdapat beberapa lahan kosong. Keberadaan agropark dan kampus ITERA turut mendukung kemajuan pembangunan di daerah tersebut. Hal ini dapat dilihat dalam beberapa tahun terakhir keduanya telah mengalami kemajuan dari segala aspek, yang menjadikannya lokasi strategis dalam upaya pembangunan berkelanjutan. Pembangunan ini meliputi pembuatan rumah kos atau kontrakan, perumahan warga, dan kawasan industri. Selain itu, di lokasi tersebut masih banyak terdapat area kosong yang sudah dan mulai untuk diperdagangkan untuk keperluan pembangunan ruko, perumahan maupun dalam bentuk tanah kavling. Jumlah penduduk di Kelurahan Sukarame pada tahun 2021 tercatat sekitar 12.648 jiwa yang menempati area dengan luas mencapai 16,41 ha dan kepadatan penduduk sebesar 77 jiwa per km^2 . Jumlah ini akan terus meningkat seiring bergulirnya waktu dan kemajuan zaman (Badan Pusat Statistik, 2021).

Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan pembangunan yang berkelanjutan telah meningkatkan permintaan akan akses kepada air bersih. Kondisi ini menuntut perhatian lebih dalam mengatasi permasalahan keberadaan air tanah yang memadai untuk menunjang kegiatan pembangunan yang berkelanjutan

serta kebutuhan masyarakat di wilayah tersebut. Permasalahan ini timbul karena area penelitian berlokasi di kawasan yang diselimuti secara dominan dengan formasi batuan tufan (Mangga dkk., 1993), dan memiliki geologi yang kompleks. Keadaan ini menyebabkan kedalaman lapisan air tanah di area penelitian menjadi sangat beragam (Rizka & Setiawan, 2019).

Penilaian kondisi di bawah permukaan tanah, khususnya dalam mengevaluasi keberadaan akuifer (sumber air tanah), dapat dilakukan menggunakan teknik estimasi resistivitas (tahanan jenis). Dalam bidang ilmu geofisika, salah satu teknik yang digunakan adalah *Vertical Electrical Sounding* (VES) (Prabowo dkk., 2022). Teknik pengukuran seperti ini termasuk dalam kategori metode geolistrik, yang bertujuan untuk memperoleh informasi tentang sumber air tanah (akuifer) dan struktur lapisan bawah permukaan serta kedalaman lapisan tertentu yang akan diidentifikasi (Sedana dkk., 2015). Batuan dengan potensi untuk menyimpan air biasanya memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi. Dengan demikian metode VES dapat dipergunakan untuk memperkirakan lokasi kedalaman akuifer, dapat dicarikan lokasi titik pengeboran atau penggalian sumur produksi (Prabowo dkk., 2022).

Pengukuran dilakukan dekat dengan pemukiman yang mana dekat dengan jalan umum dan persawahan milik masyarakat setempat. Metode VES sangat cocok untuk

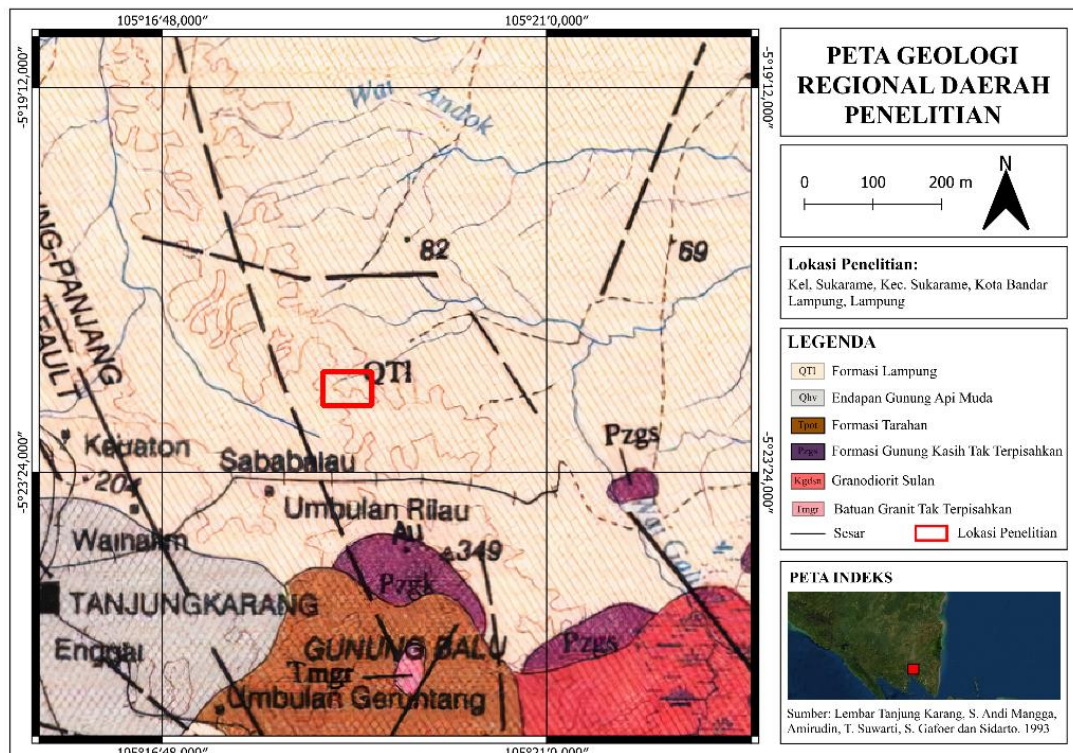
digunakan dalam pengukuran. Di samping memiliki keakuratan yang tinggi, metode VES juga tidak bersifat destruktif dan biaya yang tidak mahal serta akuisisi data yang tidak memakan waktu yang cukup lama (Prabowo dkk., 2022). Daerah penelitian belum pernah dilakukan penelitian geofisika menggunakan metode VES sebelumnya, sehingga sangat cocok dilakukan penelitian agar dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kedalaman air tanah, jenis litologi yang menyimpan air dan jenis akuifernya, sehingga dapat digunakan sebagai informasi tambahan kepada masyarakat sebelum melakukan pengeboran lebih lanjut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peta Geologi pada Daerah Penelitian

Gambar 1 di bawah ini menggambarkan peta geologi dari lokasi penelitian yang terletak di Kelurahan Sukarame, yang tercakup dalam peta geologi

Lembar Tanjung Karang. Daerah penelitian ditandai dengan kotak merah dan berada di Formasi Lampung (QTI) dalam urutan stratigrafi kuartar, yang didominasi oleh tuf. Formasi ini meliputi berbagai jenis batuan, termasuk batu lempung tufan, batuan tuf batu apung, batu pasir tufan, batuan tuf riolitik, dan batuan tuf padu tufit. Batuan tuf sendiri termasuk ke dalam batuan beku jenis piroklastik yang dibentuk dari letusan gunung berapi yang eksplosif. Batuan ini terdiri dari fragmen abu vulkanik, bom vulkanik (batu yang berukuran besar), lapilli (batu dengan ukuran yang kecil), dan material batuan lainnya (Mangga dkk., 1993). Hasil interpretasi yang dilakukan oleh Rizka dan Setiawan (2019), khususnya di ITERA yang terletak dekat dengan area penelitian menunjukkan bahwa litologi di kawasan ITERA tersusun atas batu lempung tufan, batu pasir tufan, dan batu tuf secara berurutan.



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian (Mangga dkk., 1993). Kotak merah menunjukkan area penelitian yang terletak di sebelah Selatan kampus ITERA.

2.2. Akuifer

Air tanah merupakan air yang terdapat di bawah permukaan tanah dan tersimpan di dalam lapisan tanah atau batuan yang terbentuk secara alami melalui proses hidrologi. Proses ini melibatkan pergerakan yang berkelanjutan di alam (Kodatie, 2012). Menurut Sosiawan dan Subagyo (2009), pergerakan air tanah dimulai dari sumber-sumber permukaan seperti hujan, air danau, dan sumber lainnya, kemudian meresap ke dalam tanah di daerah imbuhan (*recharge area*) dan mengalir menuju daerah lepasan (*discharge area*).

Menurut Darwis (2018), lapisan permeabel adalah istilah yang digunakan untuk menyebut lapisan yang dapat dilewati oleh air, sementara lapisan impermeabel mengacu pada lapisan tanah yang tidak mampu untuk ditembus oleh air. Saputra (2019) mengelompokkan karakteristik batuan untuk menyimpan maupun mengalirkan air tanah menjadi empat jenis. Keempat jenis sifat tersebut meliputi:

1. Akuifer

Merupakan lapisan batuan yang memiliki kemampuan untuk menyimpan maupun mengalirkan air. Lapisan ini secara umum tersusun atas pasir yang bersifat permeabel, batuan pasir, dan kerikil. Porositas batuan juga cenderung tinggi dan saling terhubung satu sama lain.

2. Akuitard

Merupakan jenis lapisan yang memiliki kesamaan dengan akuifer, tetapi berbeda dalam kemampuannya untuk mengalirkan air. Pada lapisan ini air akan dialirkan dalam jumlah terbatas. Contohnya, termasuk batuan beku yang terpecah-pecah.

3. Akuiklud

Merupakan lapisan yang mampu untuk menampung air tetapi memiliki keterbatasan dalam mengalirkan air,

sehingga aliran air dalam lapisan ini tidak efisien. Contoh batuan yang termasuk ke dalam kategori ini adalah tuf halus, lempung, dan lanau.

4. Akuifug

Merupakan jenis lapisan yang tidak mampu menampung maupun mengalirkan air. Contoh dari lapisan ini meliputi batuan metamorf dan batuan beku.

2.3. Metode Resistivitas

Metode ini merupakan salah satu metode pengukuran dalam geofisika yang dapat digunakan untuk memahami keadaan lapisan batuan di bawah permukaan bumi dengan menganalisis karakteristik kelistrikan batuan. Teknik ini bertujuan untuk mengukur nilai hambatan jenis (resistivitas) dari setiap lapisan yang terletak di bawah permukaan bumi (Loke, 1999). Prinsip pengukuran dari metode ini melibatkan proses injeksi arus listrik menggunakan elektroda arus ke dalam tanah dan kemudian dilakukan pengukuran perbedaan potensial menggunakan elektroda potensial, seperti yang dijelaskan dalam **Gambar 2** (Lowrie & Fichtner, 2007).

Hukum Ohm yang merupakan prinsip mendasar dalam metode geolistrik mengungkapkan bahwa arus listrik yang mengalir dalam suatu medium akan mengalami perubahan. Besarnya perubahan ini akan sebanding dengan beda potensial yang ada padanya (Lowrie & Fichtner, 2007). Prinsip ini secara sederhana dapat dijelaskan dalam Persamaan 1:

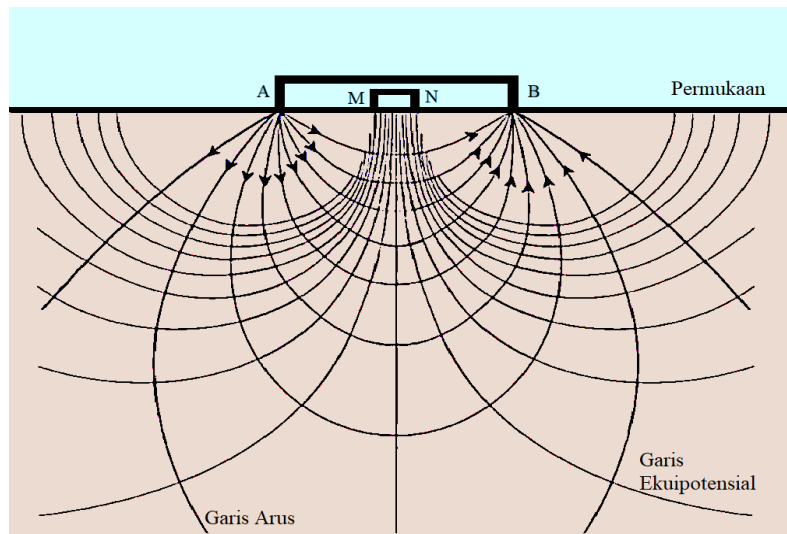
$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

dengan,

R = resistansi (Ω)

V = besar tegangan (V)

I = besar kuat arus (A)



Gambar 2. Representasi atau gambaran dari pengukuran metode geolistrik (Lowrie & Fichtner, 2007).

2.4. Konsep Resistivitas Semu

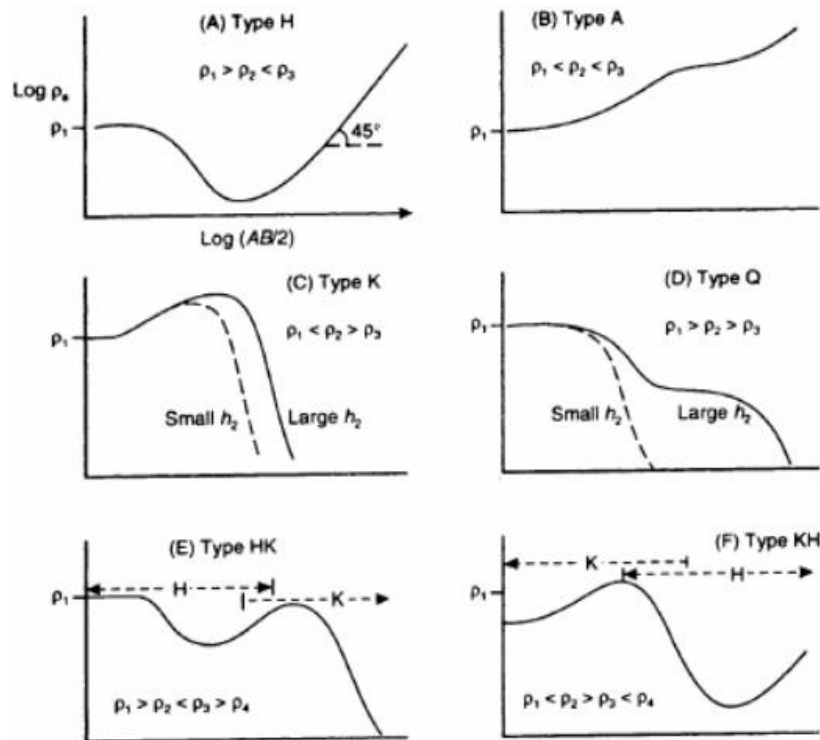
Metode resistivitas geolistrik didasarkan atas asumsi yang menyatakan bahwa bumi memiliki sifat homogen dan isotropis. Namun, kenyataannya, bumi tersusun atas berbagai jenis lapisan tanah atau batuan dengan nilai resistivitas yang sangat beragam dan berbeda-beda antar jenis lapisannya. Nilai resistivitas ini akan mempengaruhi besarnya nilai beda potensial yang dihasilkan dalam proses pengukuran metode geolistrik. Hasil pengukuran resistivitas sering kali mengindikasikan resistivitas semu (ρ_a) untuk satu lapisan saja, meskipun sebenarnya resistivitas yang terukur dipengaruhi oleh semua lapisan di sekitarnya. Reynold (1997) menjelaskan bahwa nilai resistivitas semu dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

- ρ_a = Resistivitas semu (Ωm)
- K = Faktor geometri (m)
- ΔV = Beda potensial (V)
- I = Arus listrik (A)

2.5. Vertical Electrical Sounding (VES)

Metode VES adalah teknik yang digunakan dalam penentuan nilai resistivitas lapisan tanah atau batuan dan kedalamannya yang bervariasi secara vertikal. Dalam metode ini, pengukuran dilakukan dengan memvariasikan jarak antara elektroda, dimulai dari jarak minimal dan diperbesar secara bertahap. Semakin besar perbedaan jarak antara setiap elektroda, semakin dalam kedalaman yang dapat diukur (Rizka & Setiawan, 2019). Metode VES sering dipakai dalam proses evaluasi potensi sumber daya air tanah. Alasan metode ini sering digunakan adalah karena proses pengambilan data yang relatif cepat dan mudah, memiliki akurasi tinggi, dan juga biaya operasional yang relatif terjangkau (Harjito, 2013). Dalam proses pengolahan dan interpretasi hasil pengukuran VES biasanya menggunakan teknik inversi baik dengan pendekatan lokal maupun global dan bisa juga menggunakan kurva *sounding* (*matching*). **Gambar 3** menunjukkan contoh umum dari beberapa jenis kurva *sounding* yang digunakan untuk mengidentifikasi tipe lapisan berdasarkan nilai resistivitasnya.



Gambar 3. Model kurva sounding VES secara umum (Keller & Frischknecht, 1996).

2.6. Konfigurasi Schlumberger

Metode resistivitas, khususnya VES mencakup berbagai macam konfigurasi, salah satunya adalah Schlumberger. Dalam konfigurasi ini, terdapat empat elektroda yang digunakan, yaitu elektroda AB yang digunakan untuk menginjeksikan arus listrik dan elektroda MN yang berfungsi sebagai pengukur beda potensial. Jarak antara elektroda potensial diatur seminimum mungkin karena sensitivitas peralatan terbatas. Seiring dengan peningkatan jarak antara elektroda potensial dan arus, maka arus listrik yang terukur akan semakin kecil (Kirsch, 2006). Perhitungan faktor geometri dalam konfigurasi Schlumberger dapat dijelaskan melalui Persamaan 3 di bawah ini.

$$K = \frac{\pi (a^2 + b^2)}{2b} \quad (3)$$

K = Faktor Geometri (m)

a = Spasi elektroda arus (m)

b = Spasi elektroda potensial (m)

2.7. Inversi Data VES

Proses inversi melibatkan analisis data lapangan dengan cara mencocokkan kurva antara data perhitungan dan data lapangan. Tujuannya adalah untuk memperkirakan parameter fisik batuan yang sebelumnya tidak diketahui (Supriyanto, 2007). Pengolahan inversi data VES dapat menggunakan metode inversi non-linear dengan pendekatan linear, yang bertujuan untuk mencari parameter model bawah permukaan yang optimal sehingga hasilnya tidak jauh berbeda antara data perhitungan dan data lapangan (Grandis, 2009). Solusi dari proses inversi ini dapat dinyatakan dalam persamaan 4 berikut ini:

$$m_{n+1} = m_n + [J_n^T J_n]^{-1} J_n^T \Delta d \quad (4)$$

dengan J menunjukkan matriks sensitivitas atau Jacobi yang rumuskan dalam persamaan 5 di bawah ini:

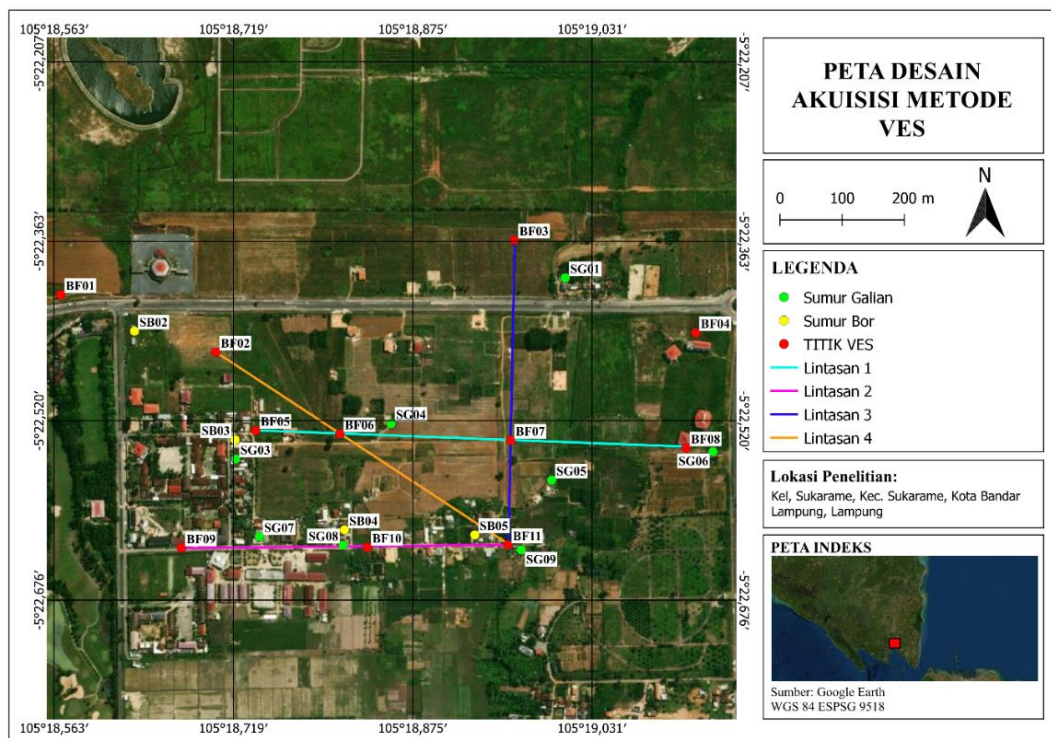
$$J_{ij} = \frac{\partial g_i}{\partial m_j} \quad (5)$$

Matriks Jacobian adalah matriks yang merupakan turunan pertama dari parameter-parameter model terhadap model itu sendiri, di mana ∂g_i menunjukkan parameter-parameter model dan ∂m_j adalah turunan pertama dari model.

3. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini terletak di sebelah selatan kampus ITERA, yang berada di Kelurahan Sukarama. Koordinat pengukuran

dibatasi pada $5^{\circ}22'21.75''\text{S}$ - $5^{\circ}22'37.66''\text{S}$ dan $105^{\circ}18'34.10''\text{E}$ - $105^{\circ}19'6.78''\text{E}$. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik VES. Pengukuran dilakukan pada 11 titik dengan konfigurasi Schlumberger, di mana panjang minimum antara elektroda arus adalah 1,5 meter dan panjang maksimumnya adalah 200 meter. Sedangkan jarak antara elektroda MN adalah 0,5, 5, 10 meter, tersebar di Kelurahan Sukarama. Rancangan titik pengukuran VES dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Peta desain survei pengukuran VES di sebelah Selatan ITERA yang terletak dalam Kelurahan Sukarama.

3.1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, antara lain Laptop, Naniura Resistivity Meter, Multimeter, GPS Garmin, Dua buah meteran (100 m), Aki, tiga palu elektroda, dua elektroda arus (AB), dua elektroda beda potensial (MN), dua gulungan kabel AB, dua gulungan kabel MN dan *Worksheet* pengukuran.

3.2. Prosedur Penelitian

Secara sistematis, kegiatan penelitian ini dimulai dengan melakukan studi pustaka,

yang merupakan langkah pertama dalam penyusunan tugas akhir ini. Proses ini dimulai dengan menemukan topik yang relevan dengan metode penelitian yang akan digunakan, kemudian mengumpulkan informasi yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan, dan melakukan survei terhadap wilayah yang menjadi fokus penelitian untuk merancang desain akuisisi VES.

Langkah berikutnya adalah pelaksanaan metode VES, yang melibatkan pengambilan data di lapangan. Pada tahap ini, dilakukan

pengukuran di 11 titik *sounding* yang telah dipetakan sebelumnya, dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger yang disesuaikan dengan kondisi area pengukuran, di mana panjang jarak AB/2 diperpanjang hingga 100 meter.

Saat melakukan pengumpulan data di lapangan, akan didapatkan informasi berupa nilai arus (I), nilai perbedaan potensial (V), dan koordinat dari titik-titik pengukuran. Data lapangan tersebut kemudian diproses menggunakan perangkat lunak IPI2WIN, sebagai upaya untuk menghasilkan nilai yang sebenarnya (parameter model) terkait kedalaman, ketebalan, dan resistivitas.

Tahap korelasi data adalah langkah yang diperlukan untuk menyesuaikan hasil pengolahan data dengan informasi dari lokasi penelitian meliputi data sumur warga dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya di sekitar area penelitian. Hal ini bertujuan untuk memastikan interpretasi dan pemodelan yang dilakukan sesuai dengan data pendukung yang tersedia dan untuk menyimpulkan nilai resistivitas yang diperoleh menjadi model geologi yang ditampilkan dalam bentuk penampang 2D, serta mengidentifikasi lapisan-lapisan yang memiliki potensi sebagai akuifer dan jenisnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil interpretasi 11 titik pengukuran VES dilakukan menggunakan *software* IPI2WIN. Nilai-nilai resistivitas yang diperoleh pada kedalaman dan ketebalan setiap lapisan batuan ditentukan oleh kondisi litologi di bawah permukaan. Lokasi dari penelitian ini terdapat pada Formasi Lampung (QTI) berdasarkan lembar regional Tanjung Karang (Mangga dkk., 1993). Selain peta geologi daerah penelitian, dapat ditentukan juga litologi daerah penelitian dengan mengacu pada penelitian sebelumnya, yang diteliti oleh Rizka dan Setiawan (2019), hal ini disebabkan karena daerah penelitian sebelumnya mempunyai formasi yang seragam di mana formasinya ialah Formasi Lampung (QTI) yang sama dengan formasi pada penelitian ini.

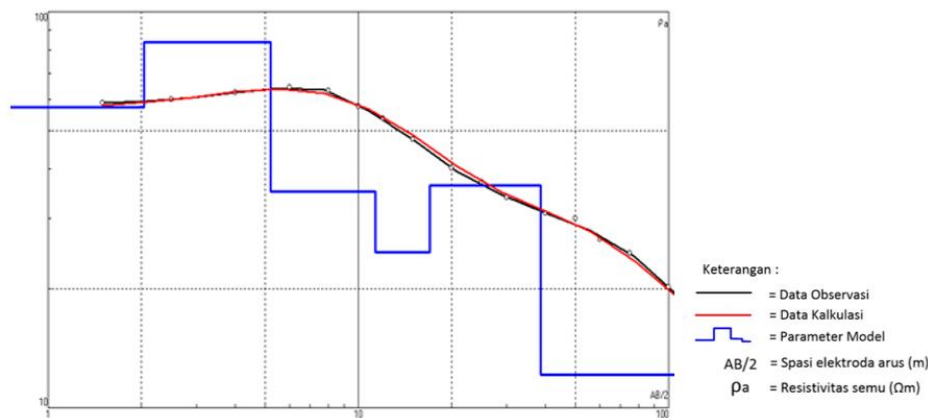
Bukan hanya melakukan akuisisi VES, tetapi dilakukan pengukuran muka air tanah (MAT) ketika berada di lapangan. Pengukuran tersebut dibuat dengan mengukur kedalaman muka air melalui sumur galian yang berada di sekitar titik pengukuran. Kemudian, melakukan wawancara dengan warga sekitar daerah penelitian untuk menambah informasi terkait kedalaman dari sumur bor di daerah tersebut. Data kedalaman dan lokasi dari sumur galian maupun sumur bor bisa kita lihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Beberapa jenis sumur yang dekat dengan titik pengukuran.

No	Kode Sumur	Jenis Sumur	Kedalaman	Lokasi sumur
1	SB01	Sumur bor	15 meter	Dekat dengan titik BF01
2	SB02	Sumur bor	11 meter	Dekat dengan titik BF02
3	SG01	Sumur galian	8 meter	Dekat dengan titik BF3
4	SG02	Sumur galian	5 meter	Dekat dengan titik BF04
5	SG03	Sumur galian	5 meter	Dekat dengan titik BF05
6	SB03	Sumur bor	25 meter	Dekat dengan titik BF05
7	SG04	Sumur galian	5 meter	Dekat dengan titik BF06
8	SG05	Sumur galian	7 meter	Dekat dengan titik BF07
9	SG06	Sumur galian	5 meter	Dekat dengan titik BF08
10	SG07	Sumur galian	6 meter	Dekat dengan titik BF09
12	SG08	Sumur galian	11 meter	Dekat dengan titik BF10
13	SB04	Sumur bor	30 meter	Dekat dengan titik BF10
14	SB05	Sumur bor	30 meter	Dekat dengan titik BF11
15	SG09	Sumur galian	5 meter	Dekat dengan titik BF11

Pada **Gambar 5** di bawah merupakan hasil dari *inverse modeling*. Kurva tersebut merupakan titik *sounding* dari BF03 yang menggunakan konfigurasi *Schlumberger*. $AB/2$ merupakan jarak dari elektroda arus, jarak elektroda arus ini sebesar 100 meter. Pada **Gambar 5** terdapat garis warna biru yang merupakan parameter-parameter model. Garis warna merah pada kurva merupakan kurva hasil dari data model (data

kalkulasi) sedangkan garis kurva hitam merupakan garis data dari hasil pengukuran di lapangan (data observasi). Nilai eror yang didapatkan dari pengolahan tersebut merupakan hasil selisih dari data kalkulasi dengan data observasi. Terdapat ρ_a yang merupakan resistivitas semu (Ωm) yang didapatkan dengan mengalikan hasil bagi beda potensial (V) dengan arus (I) dengan faktor geometri (K).



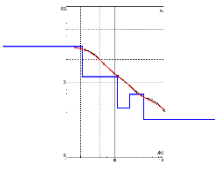
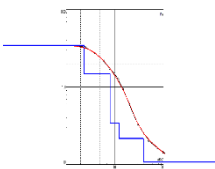
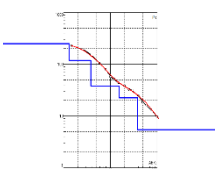
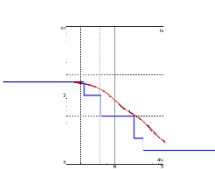
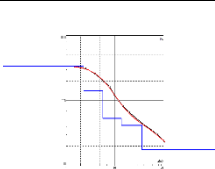
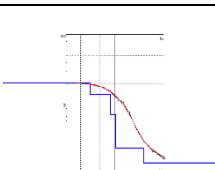
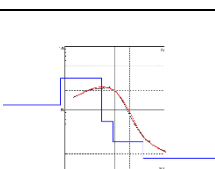
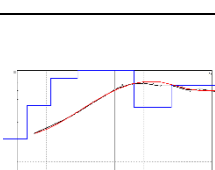
Gambar 5. Salah satu kurva *sounding* dari hasil *inverse modeling*.

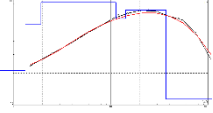
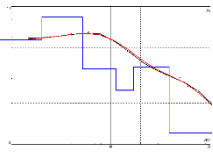
Dari hasil pengolahan data pada 11 titik *sounding*, didapatkan nilai resistivitas (ρ), ketebalan dan kedalaman. Temuan tersebut kemudian dilakukan interpretasi dengan memperhatikan kondisi geologi, temuan dari penelitian yang relevan dan juga dikorelasikan juga dengan data kedalaman galian sumur galian dan sumur bor pada **Tabel 1** di atas. Hasil penelitian dari Rizka dan Setiawan (2019) dijadikan sebagai referensi dalam pendugaan karena lokasi pengukuran yang tidak terlalu jauh dengan lokasi pengukuran pada penelitian ini dan masih dalam lingkup Formasi Lampung

(QTI). Di mana, litologi dengan nilai $< 20 \Omega m$ merupakan lempung tuf, $20-80 \Omega m$ merupakan pasir tuf, $80-150 \Omega m$ merupakan tuf berbutir kasar dan $> 150 \Omega m$ merupakan tuf berbutir halus dan kompak. Keadaan geologi dapat digunakan sebagai dugaan litologi, dimana Formasi Lampung (QTI) yang tersusun dari tuf riolitik, tuf batu apung, tuf padu tufit, pasir tuf, dan lempung tuf (Mangga dkk., 1993). Hasil pengolahan data berupa nilai resistivitas, RMS error dan dugaan litologi dapat dilihat pada **Tabel 2** di bawah

Tabel 2. Hasil pengolahan titik VES dan dugaan jenis litologi.

VES	RMSe (%)	Lapisan	ρ (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi	Curve Fitting
BF01	1,95	1	318	15,44	0 – 15,44	Tuf	
			266				
			194				
		2	76,8	21,7	15,44 – 37,14	Pasir Tuf	
		3	192,6	-	37,14 - ∞	Tuf	

VES	RMSe (%)	Lapisan	ρ (Ω m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi	Curve Fitting
BF02	2,52	1	$\frac{295}{118}$	11,3	0 – 11,3	Tuf	
		2	$\frac{45,4}{68,9}$ $\frac{32,1}{32,1}$	28,1	11,3 – 39,4	Pasir Tuf	
BF03	1,96	1	$\frac{347}{148}$	8,07	0 – 8,07	Tuf	
		2	$\frac{34,3}{21,8}$	31,01	8,07 – 39,08	Pasir Tuf	
		3	10,8	-	39,08 - ∞	Lempung Tuf	
BF04	3,8	1	$\frac{251}{118}$	4,03	0 – 4,03	Tuf	
		2	$\frac{38,4}{22,5}$	34,07	4,03 – 38,1	Pasir Tuf	
		3	5,45	-	38,1 - ∞	Lempung Tuf	
BF05	2,36	1	$\frac{156}{100}$	5,27	0 – 5,27	Tuf	
		2	$\frac{50,6}{23,8}$	33,43	5,27 – 38,7	Pasir Tuf	
		3	15,9	-	38,7 - ∞	Lempung Tuf	
BF06	2,77	1	$\frac{338}{141}$	5,73	0 – 5,73	Tuf	
		2	$\frac{53,3}{41,6}$	32,57	5,73 – 38,3	Pasir Tuf	
		3	17,6	-	38,3 - ∞	Lempung Tuf	
BF07	2,77	1	$\frac{206}{144}$	8,25	0 – 8,25	Tuf	
		2	$\frac{73,9}{25,1}$	38,85	8,25 – 39,1	Pasir Tuf	
		3	15,4	-	39,1 - ∞	Lempung Tuf	
BF08	4,34	1	$\frac{119}{313}$	5,51	0 – 5,51	Tuf	
		2	$\frac{64,8}{31,17}$	33,19	5,51 – 38,7	Pasir Tuf	
		3	17,1	-	38,7 - ∞	Lempung Tuf	
BF09	2,64	1	$\frac{29,9}{53,8}$	2,2	0 – 2,2	Pasir Tuf	
		2	$\frac{86,5}{106}$	13,7	2,2 – 15,9	Tuf	
		3	$\frac{52,2}{77}$	22,4	15,9 – 38,3	Pasir Tuf	

VES	RMSe (%)	Lapisan	ρ (Ω m)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Litologi	Curve Fitting
BF10	4,29	1	$\frac{21,2}{58,5}$	1,92	0 - 1,92	Pasir Tuf	
		2	93,3	9,38	1,92 - 11,3	Tuf	
		3	$\frac{65,8}{78,9}$	25,8	11,3 - 37,1	Pasir Tuf	
		4	11,3	-	37,1 - ∞	Lempung Tuf	
BF11	2,47	1	57,3	2,04	0 - 2,04	Pasir Tuf	
		2	83,9	3,17	2,04 - 5,21	Tuf	
		3	$\frac{35,16}{24,69}$ 36,43	30,51	5,21 - 38,72	Pasir Tuf	
		4	12,1	-	38,72 - ∞	Lempung Tuf	

Berdasarkan hasil interpretasi dari pengolahan *vertical electrical sounding* didapatkan litologi bawah permukaan di daerah penelitian yang kemudian akan dilakukan pemodelan 2D. Pemodelan 2D dilakukan dengan melakukan korelasi antar titik pengukuran sehingga dapat dilihat kemenerusan litologi bawah permukaan di daerah penelitian. Pada penelitian ini terdapat empat penampang 2D.

Hasil dari pengolahan VES dan penampang 2D dapat diketahui bahwa di daerah penelitian memiliki lapisan akuifer bebas, lapisan akuifer semi-tertekan, lapisan akuitard, lapisan akuiklud, dan lapisan akuifug. Lapisan akuifer bebas di mana pada bagian atasnya dibatasi oleh muka air tanah, lapisan akuifer semi-tertekan untuk batu pasir tufan dibatasi pada bagian atas dibatasi oleh lapisan *semi-permeabel* (lapisan akuitard) yaitu batuan tuf dan pada bagian bawah oleh *impermeable* yaitu batu lempung tufan (Paembonan dkk., 2021). Lapisan akuitard merupakan lapisan dari batuan tuf terlapukan (80-150 Ω m), lapisan dari akuiklud merupakan lapisan dari batuan lempung tufan sedangkan untuk lapisan akuifug merupakan lapisan dari batuan tuf kompak (>150 Ω m).

Dari hasil penampang 2D bisa kita lihat daerah penelitian terdiri dari batu tuf, pasir tufan, dan lempung tufan. Pada awalnya tuf dan lempung terbentuk bersamaan menjadi lempung tufan. Terbentuknya lempung

diduga dari pelapukan batuan di sekitar daerah penelitian yang kemudian tercampur dengan abu vulkanik yang belum diketahui asalnya. Lapisan lempung tufan ini tertimbun oleh abu vulkanik. Abu vulkanik bervariasi memungkinkan dugaan bahwa abu vulkanik berasal dari kejadian erupsi yang berbeda atau sumber asal yang berbeda (Santoso dkk., 2020).

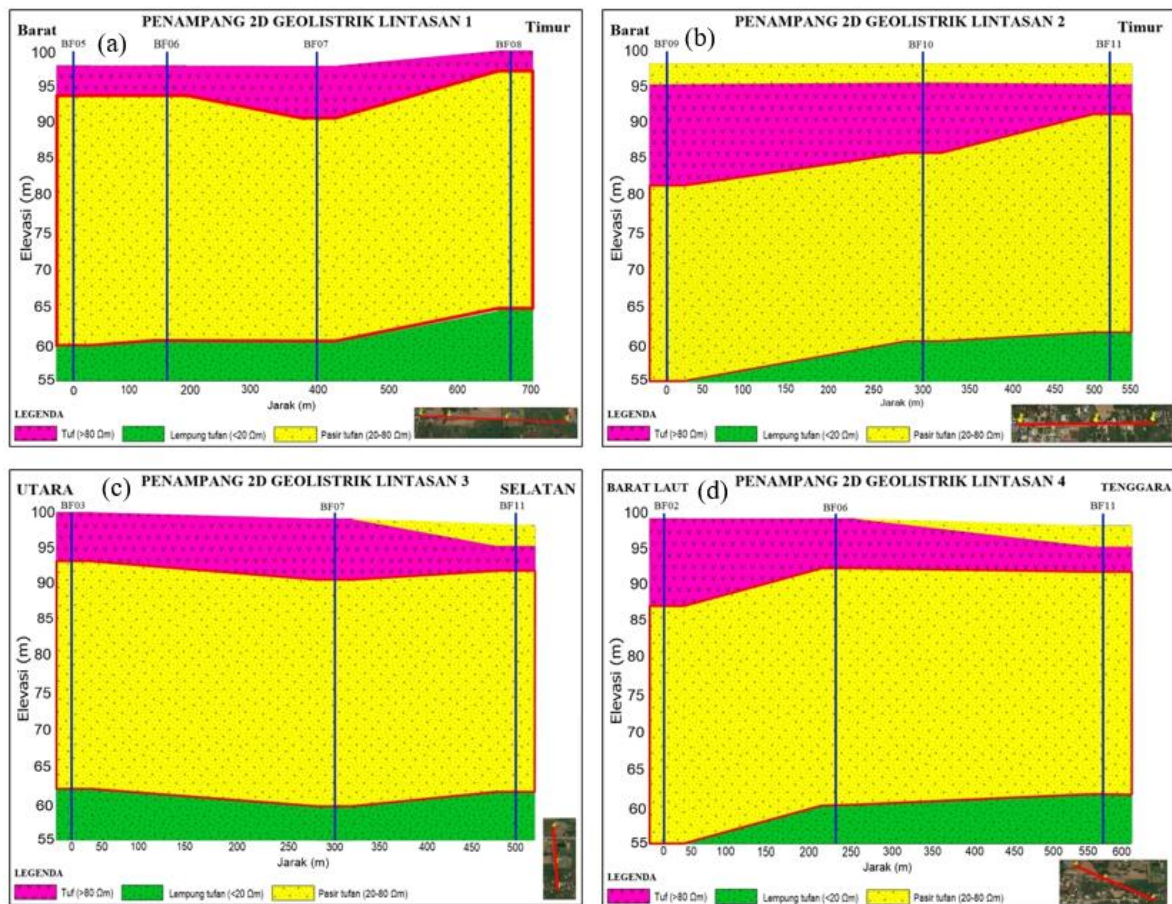
Batu lempung tufan merupakan produk dari hasil pelapukan. Batu pasir tufan terbentuk karena endapan abu vulkanik yang di mana batuan tersebut memiliki kandungan pasir dengan ukuran butir menengah hingga kasar. Batu pasir tufan diindikasikan sebagai lapisan akuifer karena sifatnya *permeable* dengan porositas baik sehingga air dapat dengan mudah untuk masuk ke dalam batuan tersebut. Batu pasir tufan merupakan batu sedimen yang memiliki komposisi didominasi oleh material vulkanik berukuran butir halus tersusun oleh tuf. Batu tuf merupakan jenis batuan piroklastik yang terbentuk dari endapan fragmen material vulkanik.

Metode VES memiliki keterbatasan dalam resolusi vertikalnya. Hal ini dapat membuat sulitnya mengidentifikasi lapisan-lapisan yang tipis atau mendeteksi perubahan kecil dalam sifat-sifat akuifer di kedalaman yang lebih dalam. Oleh karena metode VES ini hanya merepresentasikan kondisi di titik-titik pengukuran, maka perlu dilakukan penggambaran 2D yang menggambarkan

distribusi nilai resistivitas semu suatu titik VES terhadap titik VES lainnya (Harjito, 2013). Dari hasil yang diperoleh (**Gambar 6**) terlihat bahwa nilai resistivitas sebenarnya yang didapati cenderung lebih tinggi. Lapisan yang diduga sebagai akuifer merupakan lapisan dengan litologi pasir tufan (Paembonan dkk., 2021) dengan rentang nilai resistivitas 20-80 Ω m, di mana pasir tufan memiliki porositas dan permeabilitas yang baik.

Hasil analisis kedalaman zona akuifer di Kelurahan Sukarame memberikan nilai kedalaman yang berbeda-beda, di mana kedalaman akuifer di Kelurahan Sukarame berada di 4 m – 38,4 m dengan ketebalan

lapisan akuifer sekitar 21 m - 39 m. Dengan kemampuannya untuk mengidentifikasi kedalaman, ketebalan lapisan hingga karakteristik lapisan bawah tanah, metode VES memberikan pemahaman yang baik. Memberikan informasi mengenai kedalaman dan distribusi akuifer untuk perencanaan pengelolaan sumber daya air serta memungkinkan pengeboran sumur yang lebih tepat dan efisien untuk mendapat sumber air tanah yang vital bagi masyarakat. Nilai resistivitas akuifer di daerah penelitian memiliki kesamaan dengan penelitian di Kecamatan Jati Agung (Kampus ITERA) (Rizka & Setiawan, 2019) dan Desa Jatisari (Paembonan dkk., 2021).



Gambar 6. Hasil penampang 2D dari 11 titik *sounding*. (a) Penampang 2D lintasan 1, (b) Penampang 2D lintasan 2, (c) Penampang 2D lintasan 3, dan (d) Penampang 2D lintasan 4.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dari penelitian ini disimpulkan bahwa daerah penelitian tersebut memiliki litologi yang terdiri dari

batu tuf dengan rentang nilai resistivitas lebih dari 80 Ω m, pasir tufan dengan rentang nilai resistivitas antara 20-80 Ω m, dan lempung tufan dengan rentang nilai

resistivitas kurang dari 20 Ω m. Berdasarkan hasil pemodelan 2D untuk menentukan kedalaman akuifer didapatkan pada lintasan pertama akuifer ditemukan di kedalaman 5-39 m, lintasan kedua ditemukan di kedalaman 5-38 m, lintasan ketiga pada kedalaman 5-39 m, dan lintasan keempat ditemukan akuifer pada kedalaman 5-39 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada kepala desa dan warga Kelurahan Sukarame yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian dan tim akuisisi geolistrik yang telah memberikan dukungan dalam pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Darwis, H. (2018). *Pengelolaan Air Tanah*. Yogyakarta: Pena Indis.
- Grandis, D. H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: HAGI.
- Harjito. (2013). Metode Vertical Electrical Sounding (VES) untuk Menduga Potensi Sumberdaya Air. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* (5), 127-140.
- Keller, G.A. (1996). *Electrical Methods in Geophysical Prospecting*. Oxford: Pergamon Press.
- Kirsch, R. (2006). *Groundwater Geophysics a Tool for Hydrogeology*. Springer Science and Business Media B.
- Kodatie, R. (2012). *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta: Andi.
- Loke, M.H. (1999). *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. Penang: Geotomo.
- Lowrie, W., & Fichtner, A. (2007). *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mangga, S. A., Amirudin, T. S., Gafoer, S., & Sidarto. (1993). *Geologi of Tanjungkarang quadrangle, Sumatra*. Bandung: Geological Research and Development Centre.
- Prabowo, A., Hartono, & Kaeni, O. (2022). Analisis Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Vertical Electrical Sounding (VES) Di Kelurahan Hargomulyo. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 81-92.
- Paembonan, A.Y., Nugraha, P., Santoso, N.A., Firdaus, R., Ekawati, G.M., Rahmanda, V., & Amijaya, F.D.P. (2021). Investigasi Air Tanah Berdasarkan Nilai Resistivitas Di Dusun Jatisari, Kabupaten Lampung Selatan. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 07(02). 100-110.
- Reynold, J. M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Rizka & Setiawan, S. (2019). Investigasi Lapisan Akuifer Berdasarkan Data Vertical Electrical Sounding (VES) dan Data Electrical Logging (Studi Kasus: Kampus ITERA). *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, Volume 17, Nomor 2, Agustus 2019 : 91 – 100.
- Saputra, N. D. (2019). *Analisis Zona Akuifer Berdasarkan Data Geolistrik 1D Konfigurasi Schlumberger di Kecamatan Kedamaian dan Kecamatan Sukabumi. Bandar Lampung: Skripsi. Falkultas Teknik. Jurusan Teknik Geofisika. UNILA.*
- Sedana, D., As'ari, & Tanauma, A. (2015). Pemetaan Akuifer Air Tanah Di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal Ilmiah Sains*, 33-37.
- Sosiawan, H., & Subagyo, K. (2009). Strategi Pembagian Air Secara Proposional Untuk Keberlanjutan Pemanfaatan Air. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 2(4), 299-305.
- Supriyanto, M. (2007). *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*. Depok: Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia.