

Identifikasi Litologi Bawah Permukaan Dalam Menentukan Lapisan Keras Menggunakan Metode Geolistrik di Desa Rejomulyo, Lampung Selatan

Identification of Subsurface Lithology in Determining Hard Layers Using the Geoelectric Method in Rejomulyo Village, South Lampung

Rhahmi Adni Pesma^{1*}, Muhamad Raja Saffath¹

¹Institut Teknologi Sumatera; Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, Indonesia; Telepon (0721) 8030188

Article history:

Received: 10 July 2025

Accepted: 20 August 2025

Keywords:

Geolistrik;

Resistivitas;

Vertical Electrical Sounding (VES); Lapisan Keras.

Correspondent author:

rhahmi.pesma@ia.ac.id

Abstrak. Telah dilakukan pengukuran menggunakan metode geolistrik *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger* di Desa Rejomulyo, Lampung Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi litologi bawah permukaan dalam penentuan lapisan keras dengan menggunakan data geolistrik VES. Pengambilan data primer menggunakan Naniura dengan 6 titik *Vertical Electrical Sounding* (VES). Setiap titik *sounding* memiliki panjang AB/2 sebesar 150 meter dan spasi MN/2 sebesar 0,5 meter hingga 10 meter. Jarak antar titik VES yaitu 75-150 m. Pengolahan data pada penelitian menggunakan software IPI2WIN + IP. Pembuatan model 2D menggunakan *software* Surfer. Jenis batuan bawah permukaan yang ditemukan ialah Lempung Tuff, pasir tuffan, tuff butir kasar dan tuff butir halus. Lalu batuan yang menyerupai lapisan keras yaitu batuan tuff dengan butir halus dan kompak dengan nilai resistivitas lebih dari 300 Ωm yaitu 323 – 529 Ωm pada kedalaman 25,6 – 36,6 m, tetapi pada titik VES 6 tidak terdeteksi lapisan yang menyerupai lapisan keras dikarenakan rendahnya nilai resistivitas yang terukur di titik VES 6 yaitu 228,7 Ωm .

Abstract. Measurements have been conducted using the *Schlumberger* configuration *Vertical Electrical Sounding* (VES) geoelectric method in Rejomulyo Village, South Lampung. This study aims to identify subsurface lithology in determining rocks resembling hard rocks using VES geoelectric data. Primary data collection using Naniura with 6 *Vertical Electrical Sounding* (VES) points. Each sounding point has an AB/2 length of 150 meters and a MN/2 spacing of 0.5 meters to 10 meters. The distance between VES points is 75-150 m. Data processing in the study used IPI2WIN + IP software. 2D model creation used Surfer software. The types of subsurface rocks found were Tuff Clay, tuff sand, coarse-grained tuff and

fine-grained tuff. Then the rock that resembles a hard layer is tuff rock with fine and compact grains with a resistivity value of more than 300 Ωm , namely 323 - 529 Ωm at a depth of 25.6 - 36.6 m, but at the VES 6 point, no layer resembling a hard layer was detected due to the low resistivity value measured at the VES 6 point, namely 228.7 Ωm .

© 2025 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Konstruksi tanah lumayan berperang penting dalam menahan suatu bangunan di atasnya. Bangunan tersebut menimbulkan beban terhadap bawah tanah, sehingga mengalami pelapukan, atau robohnya pondasi karena tidak kuat dalam menahan beban (Wang dkk., 2022). Hal ini menyebabkan timbulnya perubahan bentuk (*deformation*) dan penurunan (*settlement*) terhadap bangunan yang bersangkutan.

Adanya permintaan perumahan yang tinggi tanpa diimbangi dengan ketersediaan lahan pengembangan kawasan permukiman yang cukup, mengakibatkan terjadinya alih fungsi lahan dan salah satu penyebab terjadinya fenomena Urban Sprawl (Fatimah dan Anwar, 2023). Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan memiliki tingkat kerentanan dalam fenomena urban sprawl sangat tinggi, termasuk Kelurahan Kelurahan Rejomulyo, sehingga diperlukan perencanaan yang matang dalam pembangunan agar tidak terjadinya kegagalan saat pembangunan. Perencanaan pembangunan perlu diketahui kondisi lingkungan, seperti lapisan batuan bawah permukaan, agar tidak terjadi kegagalan dalam pembangunan atau tanah ambles pada perumahan (Wulansari dkk., 2023).

Metode geolistrik dapat digunakan untuk menentukan lapisan bawah permukaan. Pendugaan geolistrik digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal (Aminah, 2022). Beberapa penelitian juga telah dilakukan pada Formasi Lampung, seperti Rizka dan Setiawan (2019) yang bertujuan untuk melengkapi informasi peta geologi Tanjung Karang dalam pemetaan potensi air tanah di Institut Teknologi Sumatera (Itera). Hasil penelitian ini juga menunjukkan rentang resistivitas litologi bawah permukaan, seperti tuff pada kedalaman lebih kecil dari 5 m dengan nilai resistivitas lebih dari 80 Ωm , dan pasir tuffan pada kedalaman yang lebih dari 75 m dengan rentang nilai resistivitas 20 - 80 Ωm . Penelitian oleh Utari (2020) dengan judul Identifikasi Lapisan Keras pada Kompleks Laboratorium Teknik dengan Menggunakan Data *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan Data *Standard Penetration Test* (SPT) di Itera. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lapisan keras diduga terdapat pada litologi batu pasir tuffaan yang sangat kompak dan padat sehingga memiliki porositas dan permeabilitas yang buruk. Lapisan tersebut berada pada kedalaman 10 m menerus hingga kedalaman 27 m yang dapat dijadikan pondasi bangunan dalam pembangunan Kompleks

Laboratorium Teknik Itera. Penelitian oleh Firmansyah (2021) dengan judul Identifikasi Lapisan Keras Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi *Schlumberger* (Studi Kasus: Area Perencanaan Pembangunan Gedung Rektorat Itera). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lapisan keras diduga berada pada batuan tuf berpasir dengan kedalaman 6 – 22 m.

Pada penelitian ini dilakukan untuk menganalisis lapisan bawah permukaan dan seterusnya kedalaman lapisan keras berdasarkan data geolistrik *Vertical Electrical Sounding* (VES) di desa Rejomulyo, Lampung Selatan, sehingga diharapkan dapat menjadi acuan dalam meminimalisir kegagalan bangunan dalam pembangunan perumahan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, yang berfungsi sebagai penopang bangunan disebut pondasi (Sulistyo dkk., 2012). Sebuah bangunan yang berdiri di atas tanah membebani tanah dan menyebabkan beberapa deformasi, seperti amblesan. Oleh karena itu, pembangunan harus dilakukan di atas tanah yang keras seperti lapisan keras (Sutaji, 2016). Lapisan batuan induk merupakan lapisan yang terdiri dari batuan padat yang mempunyai sifat masif dan kokoh. Lapisan ini juga sering disebut dengan lapisan keras, lapisan ini merupakan lapisan yang paling sulit untuk ditembus air. Penentuan lapisan keras di setiap daerah terdiri dari beberapa jenis batuan tergantung dari geografi daerah tersebut, sehingga batuan keras dapat berupa batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf (Tama, 2015).

pondasi bangunan dianggap layak jika memiliki lapisan batuan dasar dengan resistivitas lebih besar dari 300 Ω m, pemadatan tanah dilakukan untuk memberikan struktur lapisan tanah yang kuat bagi pondasi bangunan (Alfaiz dan Hutahean, 2017).

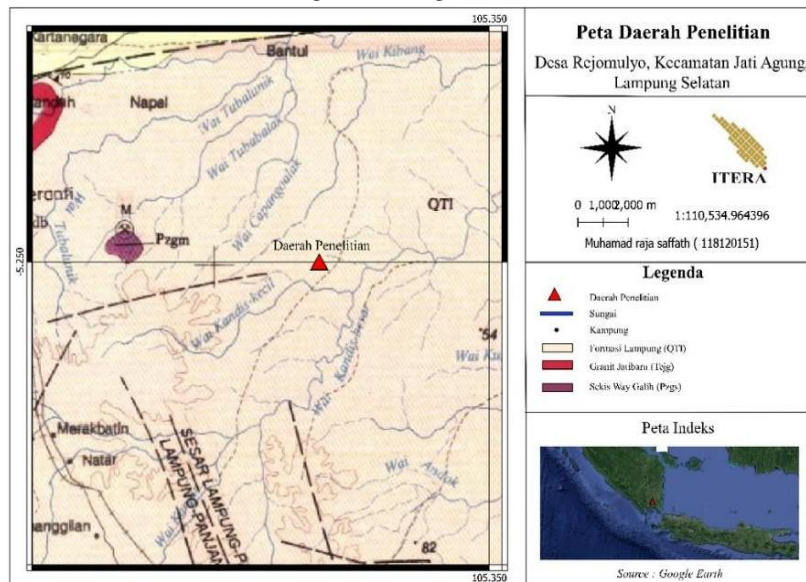
Desa Rejomulyo, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan secara geografis. Daerah penelitian berupa Lembar Tanjung Karang yang terdiri dari beberapa satuan batuan (Mangga dkk., 1993). Daerah penelitian didominasi oleh (QTI) Formasi Lampung yang tersusun dari batuan tuff, tuff berbatuapung, tuff riolitik, batu pasir sisipan tuff, dan batu lempung sisipan tuff yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. Daerah sekitar penelitian terdiri dari beberapa satuan sebagai berikut (Mangga dkk., 1993)

- 1) Kuarsit Sidodadi (Pzgz) terdiri dari kuarsit;
- 2) Batupualam Trimulyo (Pzgm) terdiri dari batupualam dan sekis;
- 3) Endapan Gunung Api Muda (Qhv) terdiri dari breksi dan tuf, lava (andesit-basalt) dan satuan; Diorit Sekampung Terdaunkan (Kds) terdiri dari diorit dan diorit kuarsa.

Metode geofisika yang memahami sifat kelistrikan suatu wilayah adalah metode geolistrik. Prinsip kerja metode ini adalah menginjeksikan arus ke permukaan tanah dengan sepasang elektroda dan mengukur beda potensial dengan sepasang elektroda lainnya. Ketika arus listrik diinjeksikan ke dalam suatu medium dan diukur beda potensialnya, maka nilai resistivitas dari medium tersebut dapat diperkirakan. Setiap

batuan memiliki caranya masing-masing untuk mengalirkan arus listrik. Bumi dan bebatuan yang menyusunnya memiliki sifat hererogen

dan homogen. Sifat homogen batuan merupakan syarat dalam pengukuran geolistrik (Kunetz, 1996).



Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian (Mangga dkk., 1993)

Metode geolistrik tahanan jenis mengasumsikan bahwa bumi memiliki sifat homogen isotropis, dengan kata lain tahanan jenis yang terukur adalah tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun, pada kebenarannya bumi tersusun dari lapisan-lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang didapatkan terpengaruh oleh lapisan - lapisan tersebut. Oleh karena itu, nilai resistivitas yang didapatkan bukanlah nilai resistivitas sebenarnya, tetapi merupakan nilai resistivitas semu (ρ_a) (Reynolds, 2005). Berikut adalah persamaan resistivitas semu:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Dimana K merupakan faktor geometri yang merupakan besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua

elektroda arus. Pengukuran ΔV dan I , nilai resistivitas ρ dapat ditentukan (Reynolds, 2005).

Metode geolistrik *Vertical Electrical Sounding* (VES) adalah metode pengukuran resistivitas 1D untuk memperoleh variasi resistivitas bawah permukaan secara vertikal (Santoso dkk., 2016). Pada metode ini, pengukuran dilakukan dengan melakukan perubahan jarak elektroda dari kecil kemudian membesar, dimana jika menginginkan hasil yang lebih dalam maka elektroda akan semakin panjang. Hasil dari metode ini berupa kurva resistivitas yaitu kurva HK, A, K, KH, dan Q. Bentuk dari kurva resistivitas dapat dilihat pada yang memberikan informasi jumlah lapisan, kedalaman, ketebalan dan jenis batuan berupa nilai resistivitas sebenarnya.

Konfigurasi *Schlumberger* terdiri dari empat buah elektroda yang digunakan, yaitu elektroda potensial (MN) dan elektroda arus

(AB), yang disusun searah, dimana jarak elektroda arus lebih besar dari elektroda potensial (Reynolds, 2005). Proses pengolahan untuk mendapatkan nilai resistivitas semu, dapat menggunakan persamaan faktor geometri (Darsono, 2016), sebagai berikut :

$$K = \pi \frac{AB^2 - MN^2}{4 MN} \quad (2)$$

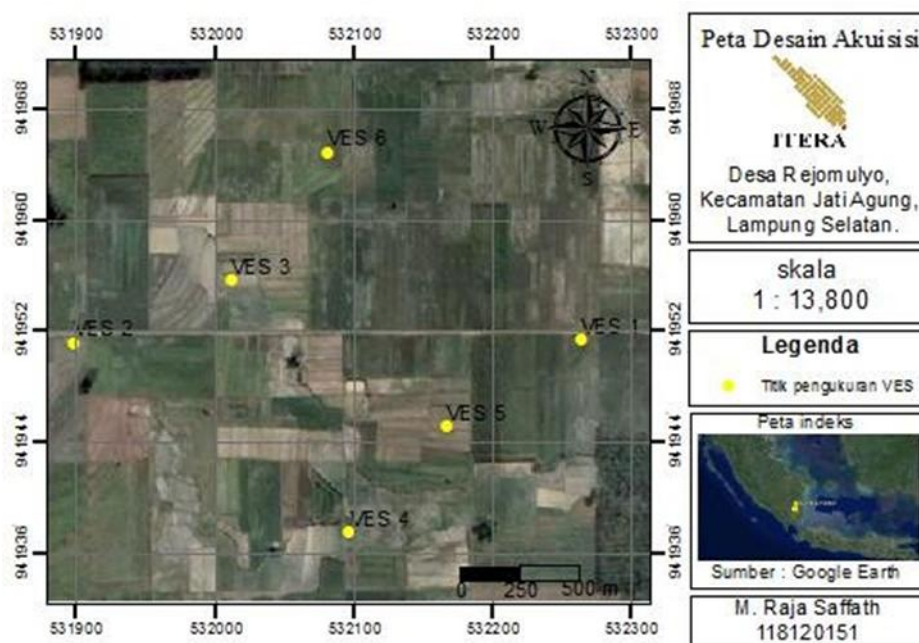
Dimana AB merupakan jarak elektroda arus MN merupakan jarak elektroda potensial dan K merupakan faktor geometri.

3. METODE PENELITIAN

Daerah penelitian tugas akhir ini secara administrasi dilakukan pada bulan Juni-November 2022 di desa Rejomulyo, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan bersama tim Peneliti. Pengukuran ini

menggunakan konfigurasi *Schlumberger*, dengan 6 titik *Vertical Electrical Sounding* (VES). Desain akuisisi dapat dilihat pada **Gambar 2**. Pada titik VES-1, VES-2, VES-3, VES-4, VES-5 dan VES-6 memiliki panjang $AB/2$ sebesar 150 meter dan spasi $MN/2$ pada 0,5 meter hingga 10 meter. Jarak antar titik VES yaitu 75-150 m, hingga mendapatkan data primer enam titik *sounding*.

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Adapun penggunaan perangkat keras, yaitu: Elektroda; Main unit; Kabel arus; Kabel potensial; Palu elektroda; Meteran; Aki; GPS; dan *Handy Talk* (HT). *Software* yang digunakan, yaitu: Microsoft Excel; *Software* IPI2WIN + IP; *Software* Google Earth; *Software* QGIS; dan *Software* Surfer.



Gambar 2. Desain survei geolistrik (Google Earth, 2022)

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam secara umum adalah sebagai berikut:

- 1) Studi Literatur, yaitu melakukan studi literatur mengenai metode geolistrik di

daerah penelitian, seperti informasi geologi daerah penelitian dan menentukan titik sounding yang akan dilakukan.

- 2) Akuisisi Geolistrik, yaitu melakukan akuisisi data menggunakan konfigurasi *Schlumberger*, dengan 6 titik sounding dengan konfigurasi *Schlumberger* dengan panjang AB/2 150 meter dan spasi MN/2 pada 0,5 -10 meter.
- 3) Pengolahan Data, yaitu proses pengolahan data menggunakan software IPI2WIN + IP. Dengan menginputkan data AB/2, MN, dan nilai resistivitas semu. Hasil yang di dapatkan berupa nilai resistivitas yang sebenarnya.
- 4) Interpretasi Hasil, yaitu menginterpretasikan data dengan menggunakan tabel resistivitas menurut Rizka & Setiawan (2019) yang dapat dibandingkan dengan nilai resistivitas sebenarnya dan penentuan jenis batuan yang tersusun didaerah penelitian dapat menggunakan peta geologi daerah penelitian.

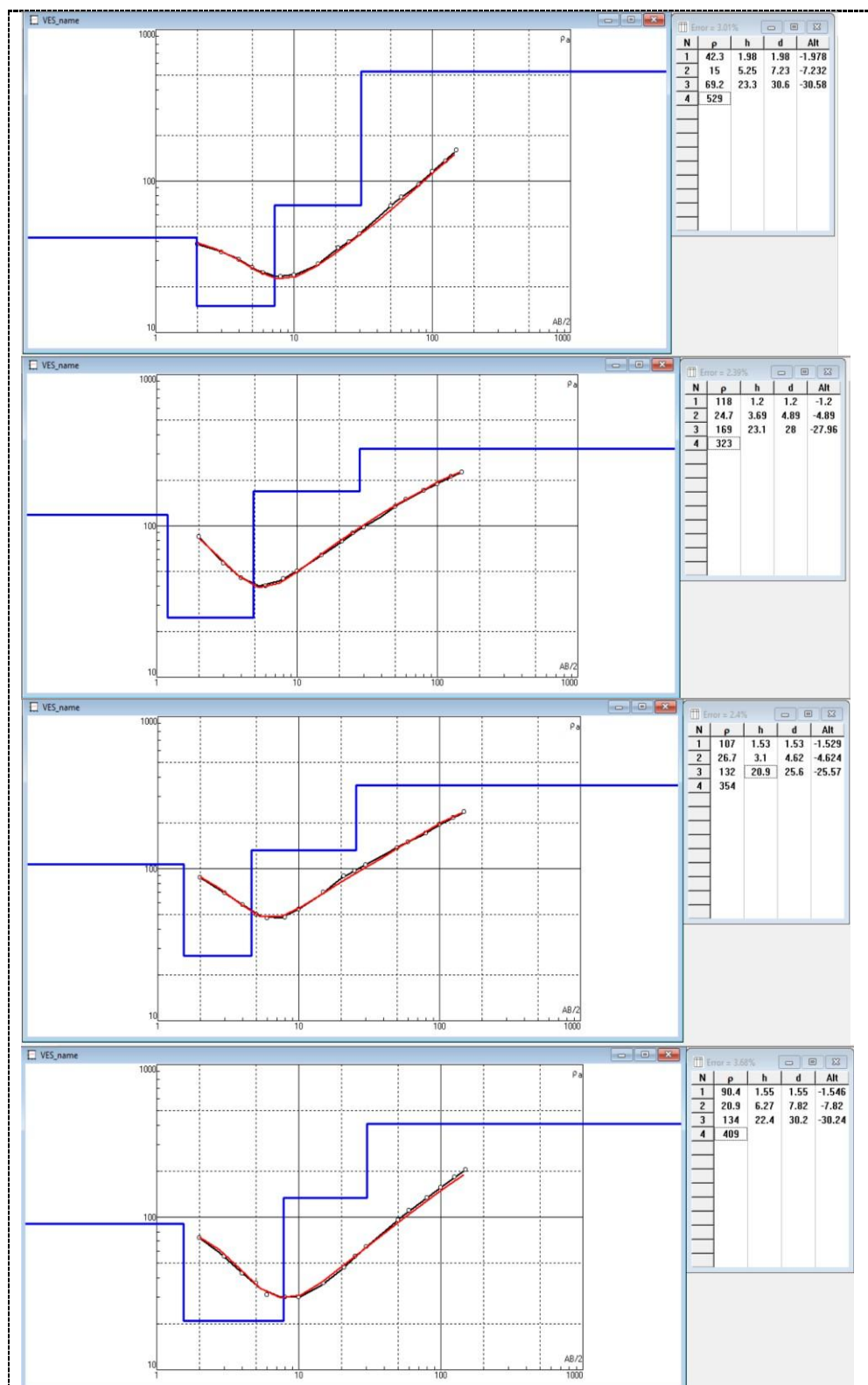
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

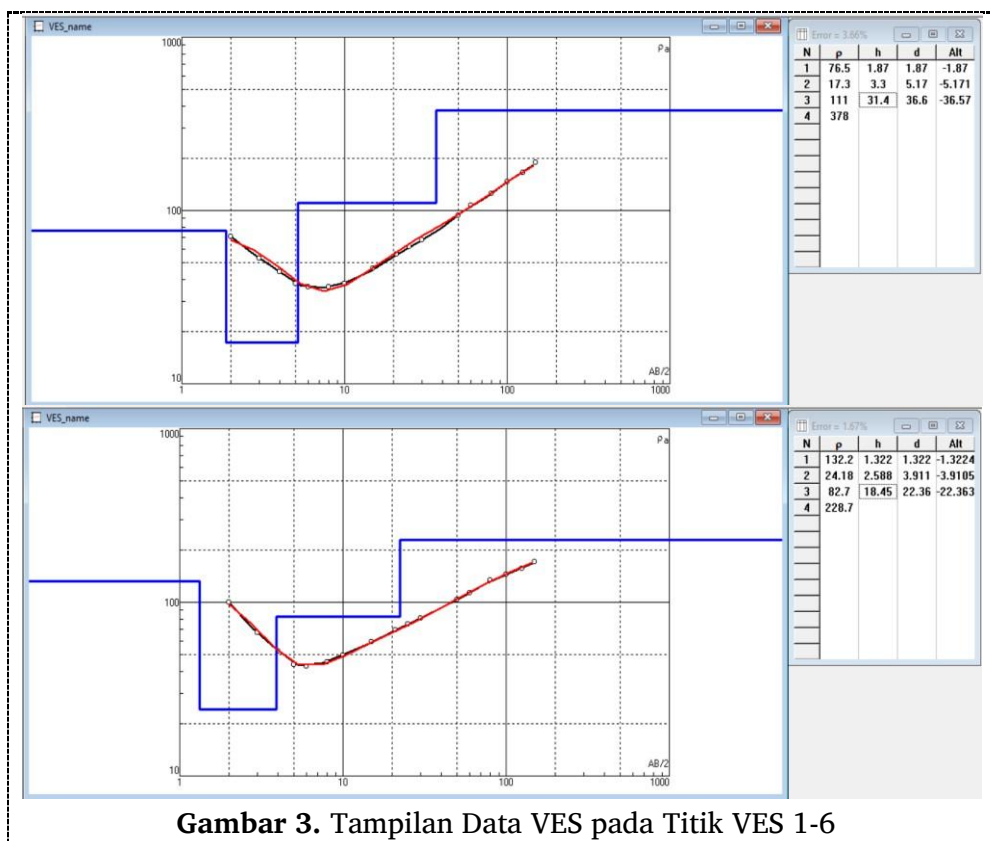
4.1. Hasil

Pengelolaan data *Vertical Electrical Sounding* menggunakan *Software* IP2WIN + IP pada 6 titik *sounding* yang tersebar di desa Rejomulyo. Dengan menggunakan data tersebut, maka dapat diidentifikasi posisi lapisan batuan keras. Pada hasil pengolahan yang berupa grafik permodelan *Vertical Electrical Sounding* dapat dilihat nilai resistivitas, kedalaman dan ketebalan dan dibandingkan dengan tabel nilai resistivitas batuan oleh Rizka dan Setiawan (2019) yang dapat dilihat pada **Tabel 1**, sedangkan tampilan Data VES menggunakan *Software* IP2WIN + IP untuk enam titik *sounding* dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Tabel 1. Litologi dan Resistivitas batuan di Formasi Lampung oleh Rizka & Setiawan, 2019

Nilai Resistivitas (Ωm)	Litologi
< 20	<i>Tuffaceous Claystone</i> (Lempung Tufan), batuan tuff berbutir halus yang memiliki kandungan <i>clay</i> . Sifatnya <i>impermeable</i> .
20 – 80	<i>Tuffaceous Sandstone</i> (Pasir Tufan), batuan tuf yang memiliki kandungan pasir dengan ukuran butir menengah kasar. Sifatnya <i>permeable</i> dengan porositas baik dan dapat menjadi akuifer tertekan.
80 – 150	<i>Tuff</i> (Tuf), batuan dengan ukuran butir kasar terletak pada bagian yang relatif dangkal dari permukaan/pada bagian bawah tanah penutup. Batuan ini juga berpotensi menjadi akuifer.
> 150	<i>Tuff</i> (Tuf), batuan tuf dengan ukuran butir halus dan kompak.



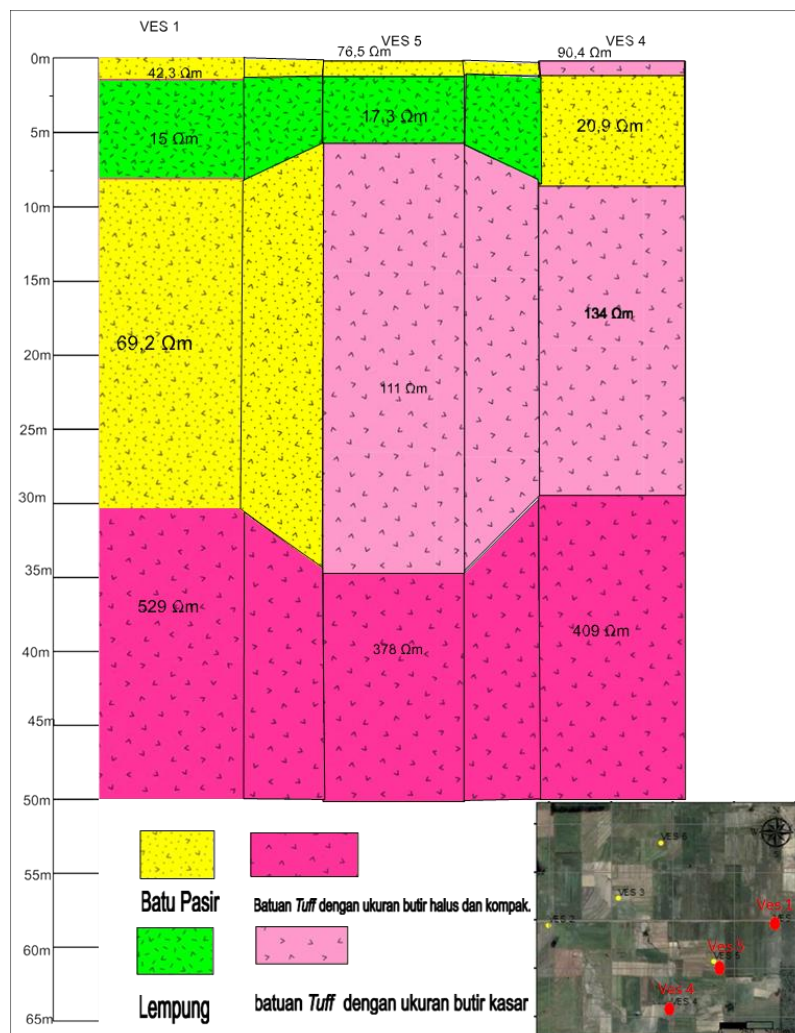


Gambar 3. Tampilan Data VES pada Titik VES 1-6

Tabel 2. Hasil perkiraan jenis batuan dan kedalaman berdasarkan hasil Analisa titik Sounding 1-6

Lapisan	Nilai Resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Batuan
VES 1				
1	42,3	1,98	1,98	Pasir Tufan
2	15	5,25	7,23	Lempung Tufan
3	69,2	23,3	30,6	Pasir Tufan
4	529	-	> 30,6	tuff
VES 2				
1	118	1,2	1,2	tuff
2	24,7	3,69	4,89	Pasir Tufan
3	169	23,1	28	tuff
4	323	-	> 28	tuff
VES 3				
1	107	1,53	1,53	tuff
2	26,7	3,1	4,62	Pasir Tufan
3	132	20,9	25,6	tuff
4	354	-	> 25,6	tuff
VES 4				
1	90,4	1,55	1,55	Tuff
2	20,9	6,27	7,82	Pasir Tufan
3	134	22,4	30,2	tuff

Lapisan	Nilai Resistivitas (Ωm)	Ketebalan (m)	Kedalaman (m)	Batuan
4	409	-	> 30,2	tuff
VES 5				
1	76,5	1,87	1,87	Pasir Tufan
2	17,3	3,3	5,17	Lempung Tufan
3	111	31,4	36,6	Tuff
4	378	-	> 36,6	Tuff
VES 6				
1	132,2	1,322	1,322	Tuff
2	24,18	2,588	3,911	Pasir Tufan
3	82,7	18,45	22,36	Tuff
4	228,7	-	> 22,36	Tuff



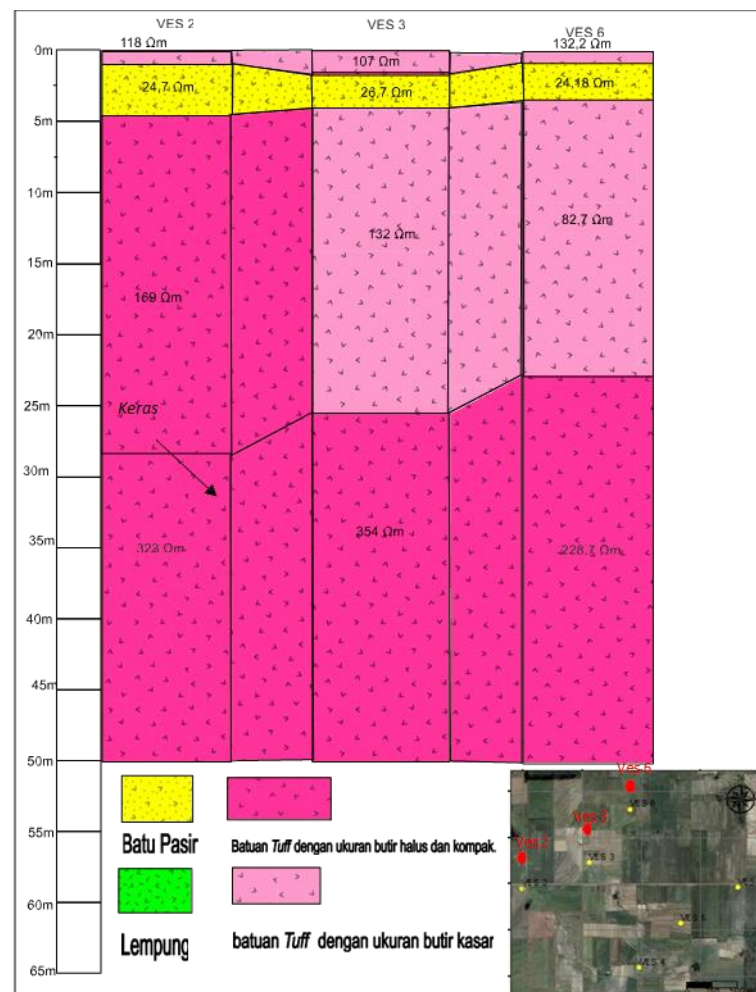
Gambar 4. Model Penampang 2D (VES 4, VES 5, VES 1

Pada hasil yang diperoleh, menunjukkan bahwa pada daerah penelitian tersusun dari 4 lapisan batuan. Hasil interpretasi jenis batuan

di bawah permukaan dapat dilihat pada **Tabel 2**. Setelah menentukan jenis batuan yang tersusun di daerah penelitian, yang juga

berdasarkan pada informasi Geologi di sekitar lokasi, maka selanjutnya mengkorelasikan hasil interpretasi tersebut kedalam model penampang 2D. Permodelan ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran jenis batuan yang terdapat di setiap titik *sounding*. Pada model penampang 2D dapat terlihat variasi

warna dan motif yang mengikuti aturan dari *Federal Geographiv Data Committee Digital Cartographic Standard* dalam mengkorelasi dengan hasil yang didapatkan. Hasil penampang 2D dapat dilihat dapat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 5. Model Penampang 2D (VES 2, VES 3, VES 6)

4.2. Pembahasan

Berdasarkan hasil di atas, maka dapat diinterpretasikan jenis batuan bawah permukaan yang terdapat di Desa Rejomulyo, Lampung Selatan, tersusun dari 4 jenis batuan berupa Lempung Tuffan, Pasir Tuffan, Tuff dengan butir kasar dan Tuff dengan butir halus

dan kompak. Rentang nilai resistivitas yaitu 42,3 – 529 Ωm dan kedalaman 1,2 – 36,6 m, yang secara rinci dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Setelah membandingkan hasil pengolahan data penelitian ini dengan referensi penelitian serupa maka dapat disimpulkan bahwa batuan yang menyerupai lapisan keras yaitu batuan tuff dengan butir halus dan kompak dengan nilai resistivitas lebih dari 300 Ωm (Alfaiz &

Hutahean, 2017) yaitu 323 – 529 Ωm pada kedalaman lebih dari 25,6 – 36,6 m, tetapi pada titik VES 6 tidak terdeteksi lapisan yang

menyerupai lapisan keras dikarenakan rendahnya nilai resistivitas yang terukur di titik VES 6 yaitu 228,7 Ωm .

Table 3. Jenis Batuan Bawah Permukaan Daerah Penelitian

Nilai Resistivitas (Ωm)	Warna	Kedalaman (m)	Jenis Batuan
20,9 - 76,5	Kuning	1,98 - 30,6	Pasir Tufan
15 - 17,3	Hijau	5,17 - 7,23	Lempung tuff
82,7 - 134	Pink cerah	1,2 - 36,6	Tuff kasar
169 - 529	Pink	22,36 – > 36,6	Tuff halus

5. KESIMPULAN

Pemaparan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa jenis batuan di bawah permukaan desa Rejomulyo, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan tersusun dari batuan lempung tuff, pasir tuffan, tuff butir kasar dan tuff butir halus dengan ketebalan dan kedalaman bervariasi.

Analisa lapisan yang menyerupai lapisan keras berupa batuan tuff dengan ukuran butir halus dan kompak dengan nilai resistivitas 323 – 529 Ωm pada kedalaman 25,6 – 36,6 m. Data kedalaman ini menunjukkan bahwa pembangunan di daerah tersebut harus melakukan pemadatan permukaan tanah terlebih dahulu atau tindakan serupa lainnya agar pendirian pondasi bangunan lebih kokoh, karena mengingat daerah tersebut juga merupakan lahan persawahan.

DAFTAR PUSTAKA

Alfaiz, Abdul A., dan Juniar H. (2017). Penentuan Lapisan Keras Untuk Kelayakan Pembangunan Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas di Pesisir Pantai Kahona Kabupaten Tapanuli Tengah. *Jurnal Einstein*.

- 5(3), 1-7.
<https://doi.org/10.24114/einstein.v5i3.12000>
 Alvin F., Alimuddin M., dan Risky M., A. (2021). Identifikasi Lapisan Keras Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus: Area Perencanaan Pembangunan Gedung Rektorat ITERA). [Skripsi]. Lampung Selatan: Institut Teknologi Sumatera.
 Darsono, D. (2016). Identifikasi Akuifer Dangkal Dan Akuifer Dalam Dengan Metode Geolistrik (Kasus: Di kecamatan masaran). *Indonesian Journal Of Applied Physics*. 6(1), 40-49
<https://doi.org/10.13057/ijap.v6i01.1798>
 Debora, I. W., Mochamad F., G., dan Armijon. (2023). Perubahan Distribusi Spasial Pemukiman dan Relasinya Terhadap Pertumbuhan Penduduk di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*. 7(1), 11-22.
<https://doi.org/10.29408/geodika.v7i1.6173>
 Endrawati F., dan Aris C., A. (2023). Determination Of Urban Sprawl Phenomenon In Pekalongan City And Its Surrounding. *Jurnal Pengembangan Kota*. 11(1), 49-57.
<http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jpk>
 Kurnetz, G. (1996): *Principles of Direct Current Resistivity Prospecting*. Berlin-Nikolasee: Gebruder Borntraeger.
 Lezy, N., U., (2020). Identifikasi Lapisan Keras Pada Kompleks Laboratorium Teknik dengan

- Menggunakan Data Vertical Electrical Sounding (VES) dan Data Standard Penetration Test (SPT) di Institut Teknologi Sumatera. [Skripsi]. Lampung Selatan: Institut Teknologi Sumatera.
- Mangga S. A., Amirudin, Suwarti T., Gafoer S., dan Sidarto. (1993). *Peta Geologi Lembar Tanjung Karang Sumatra*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Indonesia.
- Reynolds. (2005). *An Introduction to Applied and Environmental*. USA: JhonWiley & Sons.
- Rizka dan Setiawan, S. (2019). Investigasi Akuifer Berdasarkan Data Vertical Electrical Sounding (VES) Dan Data Electrical Logging; Studi Kasus Kampus ITERA. *Bulletin of Scientific Contribution: Geology*. 17(2). 91- 100. <https://doi.org/10.24198/bsc.v17i2.22393>
- Sania, K., A. (2019): Identifikasi Lapisan Akuifer Dangkal Berdasarkan Modeil 2D dan 3D Resistivitas Di Pesantren Darul Irsyad, Kabupaten Bogor. [Skripsi]. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Santoso, B., Wijatmoko, B., Supriyana, E., & Harja, A. (2016). Penentuan Resistivitas Batubara Menggunakan Metode Electrical Resistivity Tomography dan Vertical Electrical Sounding. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*. 06(01), 8–14. <https://doi.org/10.24198/jmei.v6i01.9371>
- Sulistyo, Wahyu A., Ridha A., I., Ignasius R., S., Trihanyndio R., S., dan Ria A., A., S. (2012). Studi Pengaruh Pembebanan Statis dan Dinamis Terhadap Pondasi Dangkal Dengan Perkuatan Tiang Buis Dari Komposisi Optimal Beton Yang Menggunakan Material Limbah di Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Teknik ITS*. 1(1), 24-29. <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/viewFile/2107/397>
- Sutaji dan Hadi I. (2016). Identifikasi Jenis Batuan Bawah Permukaan Sebagai Kajian Awal Perencanaan Pembuatan Pondasi Bangunan Menggunakan Metode Resistivitas. *Jurnal Fisika FST Universitas Nusa Cendana*. 1(1). 32-42. <https://doi.org/10.35508/fisa.v1i1.524>
- Tama dan Sukur K. (2015). Struktur Bawah Permukaan Tanah di Kota Lama Semarang Menggunakan Metode Geolistrik Resistivity Konfigurasi Schlumberger. [Skripsi]. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Xinfeng W., Shan L., Youyu W., dan Yiyang Z., (2022). Analysis of Surface Deformation and Settlement Characteristics Caused by Tunnel Excavation and Unloading. *Geofluids*. 1-15. <https://doi.org/10.1155/2022/5383257>