

## MODEL 3D SEBARAN AKUIFER DI GEOWISATA DANAU DENDAM TAK SUDAH KOTA BENGKULU MENGGUNAKAN METODE VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING

*(3d Model of Aquifer Layer Distribution Around Lake Dendam Nature Park Of Bengkulu City  
Using Schlumberger Configuration Geoelectric Method)*

Intan Gayatriani<sup>1</sup>, Suhendra<sup>1,\*</sup>, Refrizon<sup>1</sup>, Halauddin<sup>1</sup>, Usman Gumanty<sup>1</sup>, Sendiya Verentina<sup>1</sup>,  
Marven Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Bengkulu,  
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, [geofisika\\_fmipa@unib.ac.id](mailto:geofisika_fmipa@unib.ac.id)

[\\*suhendra@unib.ac.id](mailto:*suhendra@unib.ac.id)

Diterima: 22 Februari 2025, Direvisi : 2 Juni 2025, Disetujui : 8 Juli 2025

### ABSTRACT

*The city of Bengkulu is the capital of Bengkulu Province, has a lake called Danau Dendam Tak Sudah (DDTS), which is located in a strategic area due to its potential underground water resources. The purpose of this study was to determine the distribution of aquifers around DDTS, in Surabaya Village, Sungai Serut Subdistrict, Bengkulu City through the geophysical method of Vertical Electrical Sounding (VES) with Schlumberger Configuration. VES measurement points were taken at 21 points. This study was conducted in a residential area to determine whether the subsurface aquifer is connected to water in DDTS. Data acquisition used the MAE X612-EM VHR Multi-Channel Resistivitymeter Geoelectric tool. The results of data acquisition in the field were then processed using Progress, Strater, IP2win and Surfer software. The interpretation results show that the resistivity value, depth and thickness vary as well as the existence of 2 - 5 layers as the geological structure and characteristics of the local lithology with a resistivity value of 2 - 19  $\Omega.m$  is groundwater, resistivity value of 19 - 30  $\Omega.m$  clay flake, resistivity value of 30 - 70  $\Omega.m$  clay, resistivity value of 70 - 100  $\Omega.m$  top soil and resistivity value of 100 - 150  $\Omega.m$  sandy gravel. Shallow aquifers are estimated to be at a depth of < 20 m, while the deep aquifers are located at > 25 m below the surface and have a thickness of 2 to 78.5 m. The resulting 3D model of the aquifer layer distribution can be identified as zones with potential groundwater.*

**Keywords:** *Aquifer; Lake Dendam Tak Sudah; Resistivity; 3D Model*

### ABSTRAK

Kota Bengkulu, ibu kota Provinsi Bengkulu memiliki Danau bernama Danau Dendam Tak Sudah (DDTS), yang terletak pada wilayah strategis karena adanya potensi sumber daya air bawah tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran akuifer di sekitar DDTS,

di Kelurahan Surabaya, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu melalui metode geofisika Vertical Electrical Sounding (VES) dengan Konfigurasi Schlumberger. Titik pengukuran VES diambil sebanyak 21 titik. Penelitian ini dilakukan di area pemukiman untuk mengetahui apakah akuifer bawah permukaan tersambung / keterkaitan dengan air di DDTs. Akuisisi data menggunakan alat Geolistrik MAE X612-EM VHR Multi-Channel Resistivimeter. Hasil akuisisi data di lapangan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Progress, Strater, IP2win dan Surfer. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa nilai resistivitas, kedalaman dan ketebalan bervariasi serta keberadaan lapisan 2 – 5 lapisan sebagaimana struktur geologi dan karakteristik litologi setempat dengan nilai resistivitas 2 – 19  $\Omega$ .m adalah air tanah, nilai resistivitas 19 – 30  $\Omega$ .m lempung serpihan, nilai resistivitas 30 – 70  $\Omega$ .m lempung, nilai resistivitas 70 – 100  $\Omega$ .m top soil (tanah lapisan atas?) dan nilai resistivitas 100 – 150  $\Omega$ .m kerikil pasiran. Akuifer dangkal diperkirakan berada pada kedalaman < 20 m, sedangkan akuifer dalam terletak pada > 25 m di bawah permukaan dan memiliki ketebalan 2 sampai 78,5 m. Model 3D sebaran lapisan akuifer yang dihasilkan dapat diketahui sebagai zona yang berpotensi mengandung air tanah.

**Kata kunci: Akuifer; Danau Dendam Tak Sudah; Resistivitas; Model 3**

## I. PENDAHULUAN

Kota Bengkulu memiliki sebuah danau yang bernama Danau Dendam Tak Sudah (DDTS) yang terletak di Kelurahan Dusun Besar, Kecamatan Singaran Pati, kota Bengkulu (Hindersah, 2009). Secara geografis, Danau Dendam Tak Sudah (DDTS) berlokasi pada koordinat 03°47'34" LS dan 102°18'13" BT dan mempunyai luas keseluruhan 557 ha. DDTS masuk ke dalam DAS Bengkulu yang dikategorikan sebagai Sub DAS Bengkulu Hilir (Khalik dkk., 2023). Danau Dendam Tak Sudah tersebut pernah ditetapkan sebagai kawasan Cagar Alam (geowisata) karena mempunyai ciri khas tumbuhan Anggrek Pinsil, sehingga ekosistemnya perlu untuk dilindungi. Pada tahun 2018, masyarakat sekitar mendukung rencana pemerintah untuk menurunkan status kawasan DDTS menjadi Taman Wisata Alam (TWA) dan sekarang menjadi tempat yang sering dikunjungi pada saat liburan bersama keluarga untuk menikmati alam (Arini dkk., 2021).

Sebagian geowisata DDTS telah ditetapkan secara resmi sebagai Taman Wisata Alam kota Bengkulu dengan luas  $\pm$  88 hektar setelah keluarnya SK.79/MENLHK/SETJEN/PLA.2/1/2019 tentang penguatan fungsi sebagai pokok kawasan hutan dari beberapa kawasan cagar alam (Tampubolon dkk., 2023).

Aliran air yang berasal dari DDTS berfungsi untuk irigasi areal persawahan dan pertanian yang berada di sekitar danau tersebut (Hindersah, 2009). Terdapat puluhan sampai ratusan hektar sawah yang pengairannya berasal dari air Danau Dendam Tak Sudah tersebut (Pudiansa dkk., 2024). Beberapa tahun terakhir, debit air di DDTS mengalami penurunan, sehingga tidak mencukupi untuk mengairi kawasan persawahan sekitarnya. Hal ini disebabkan oleh alir fungsi lahan di sekitar DDTS dijadikan kawasan perumahan, serta meningkatnya jumlah sumur bor akuifer dalam. Akibatnya, daerah resapan air dan sumber air tanah semakin menyusut.

Penurunan debit air ini berkaitan dengan keberadaan lapisan akuifer sekitar DDTs, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih untuk mengetahui sebaran lapisan akuifer di sekitar DDTs terutama pada bagian hulu dari danau tersebut (Sudarta, 2022).

Akuifer adalah lapisan geologi yang permeabel yang dapat menyimpan dan meloloskan air (Todd & Mays, 2005). Akuifer terbagi empat macam yaitu akuifer setengah tertekan (*semi confined aquifer*), akuifer bebas (*unconfined aquifer*), akuifer setengah bebas (*semi unconfined aquifer*), dan akuifer tertekan (*confined aquifer*) (Fetter, 2001). Akuifer bebas adalah muka air tanah dengan lapisan jenuh air. Akuifer tertekan adalah akuifer yang sepenuhnya jenuh air dengan bagian bawah di bawah lapisan jenuh air. Akuifer setengah tertekan adalah akuifer lapisan bawah dan atas dibatasi oleh lapisan jenuh air yang memiliki tekanan lebih besar dari pada tekanan atmosfer di lapisan jenuh air (Oloruntola *et al.*, 2019).

Air tanah mempunyai peran penting bagi makhluk hidup di bumi untuk kehidupan dasar sehari-hari (Febriana dkk., 2017). Ketersediaan air juga dipengaruhi oleh meningkatnya pertumbuhan penduduk dan penggunaannya (Nuraini dkk., 2022). Peningkatan jumlah penduduk akan membutuhkan ketersediaan air tanah yang lebih banyak (Lu *et al.*, 2025). Ketersediaan air untuk masyarakat bisa memanfaatkan dari penyerapan air tanah, salah satunya air tanah dangkal (Irawan dkk., 2022).

Air tanah merupakan semua lapisan yang mengandung air (*akuifer*), termasuk pada mata air yang muncul di permukaan tanah (Nainggolan dkk., 2024). Air tanah

juga dihasilkan oleh proses hidrologi (Andas dkk., 2020), seperti proses terjadinya hujan yang kemudian jatuh dan meresap ke dalam tanah daerah imbuhan lalu mengalir menuju ke daerah lepasan (Sedana dkk., 2015). Namun ketersediaan air tanah tidak merata di setiap wilayah. Hal itu tergantung pada volume air permukaan dan lapisan akuifer pada sebuah wilayah (Djana, 2023). Keadaan ini menyebabkan kedalaman lapisan air tanah di area penelitian menjadi sangat beragam (Rizka & Satiawan, 2019). Struktur lapisan batuan atau akuifer dapat diketahui menggunakan ilmu geofisika yang memiliki beberapa metode (Fitrianto dkk., 2018).

Penelitian ini menggunakan salah satu metode geofisika, yaitu metode geolistrik VES untuk memperoleh informasi mengenai kondisi bawah permukaan berdasarkan sifat kelistrikkannya (Susilo dkk., 2017). Nilai resistivitas batuan yang bersifat dangkal digunakan untuk menginterpretasikan struktur geologi, kondisi serta kondisi hidrologi bawah permukaan, seperti keberadaan kedalaman dan ketebalan dari lapisan akuifer (Ebong *et al.*, 2021). Metode ini menggunakan konfigurasi *schlumberger* yang mampu untuk menggambarkan sebaran lapisan akuifer di bawah permukaan (Nainggolan dkk., 2024).

Metode VES adalah teknik yang digunakan untuk mempelajari variasi nilai resistivitas (Febriana dkk., 2017). Nilai resistivitas menggambarkan lapisan batuan di bawah permukaan secara vertikal (Welayaturromadhona dkk., 2022). Setiap lapisan batuan memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda tergantung pada sifat konduktivitas suatu material (Suhendra

dkk., 2023). Nilai resistivitasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Konfigurasi *Schlumberger* menerapkan empat buah elektroda yang dibagi menjadi dua yaitu elektroda potensial dan elektroda arus, dengan formasi jarak elektroda arus lebih besar dari pada jarak elektroda potensial (George dkk., 2015). Formasi elektroda konfigurasi *Schlumberger* terlihat pada Gambar 1.

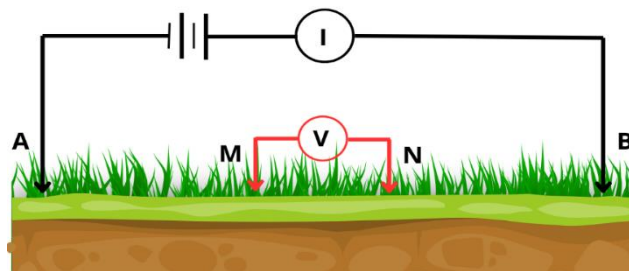
Gambar 1 memperlihatkan cara pemasangan elektroda di lapangan. Elektroda MN merupakan elektroda potensial sedangkan elektroda AB sebagai elektroda arus (Paembonan, 2021). Cara

pengukurannya dilakukan dengan mengubah jarak antara elektroda secara bervariasi yang dimulai dari yang terkecil hingga terbesar, dan dilakukan secara bertahap (Prasetya & Widjayanti, 2023). Semakin besar perbedaan jarak antara setiap elektroda maka semakin dalam kedalaman yang dapat diukur (Rizka & Satiawan, 2019). Konsep konfigurasi *Schlumberger* dimana jarak antara elektroda MN divariasikan sedangkan AB dibuat menjadi tetap. Ketika jarak A dan B divariasikan maka elektroda M dan N juga ikut menyesuaikan tidak kurang dari 1/5 dari jarak A dan B (Usman dkk., 2017).

Tabel (Table) 1. Nilai Resistivitas (*Resistivity Value*)

No	Tipe batuan dan mineral ( <i>Rock and mineral types</i> )	Resistivitas ( <i>Resistivity</i> ) ( $\Omega.m$ )
1	Water (Air)	1-100
2	Bedrock (Batuan dasar)	300-900
3	Sea water (Air laut)	0,2
4	Clay (Lempung)	1-100
5	Brackish water/swamp water (air rawa/Air payau)	0,3-5
6	Sand (Pasir)	1-600
7	Passive gravel (Krikil Pasiran)	100-150
8	Alluvium (Alluvium)	40-400
9	Gravel (Kerikil)	100-600
10	Surface Water (Air Permukaan)	$30-3 \times 10^3$
11	Conglomerate (Konglomerat)	$2 \times 10^3 - 10^4$
12	Sandstone (Batu pasir)	$1-6.4 \times 10^8$

Sumber (*Source*): (Telford, dkk.,1990)



Gambar (Figure) 1. Konfigurasi Schlumberger (*Schlumberger Configuration*)

Sumber (*Source*): Dimodifikasi dari Maghribi, 2023 (Modified from Maghribi, 2023)

Metode interpolasi merupakan teknik estimasi atau pendugaan nilai suatu titik dari suatu himpunan data yang telah diketahui (Vina dkk.,2024). Penelitian sebelumnya oleh Maghribi (2023) menyatakan bahwa metode VES efektif dalam mendeteksi zona air bawah tanah dangkal di sekitar DDTs Kota Bengkulu, sebagai bagian dari studi untuk meningkatkan sistem penyediaan air. Pemodelan VES mengidentifikasi kondisi bawah permukaan yang terdiri dari dua hingga lima lapisan dengan akuifer berada di lapisan yang berbeda-beda. Zona air tanah yang signifikan ditemukan di wilayah ini, dengan resistivitas berkisar antara 1 – 80  $\Omega$ .m yang menurun dari lapisan tanah penutup ke batuan dasar. Namun dari penelitian tersebut belum secara keseluruhan mengeskplorasi adanya sebaran akuifer dan keterkaitan akuifer dengan DDTs sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

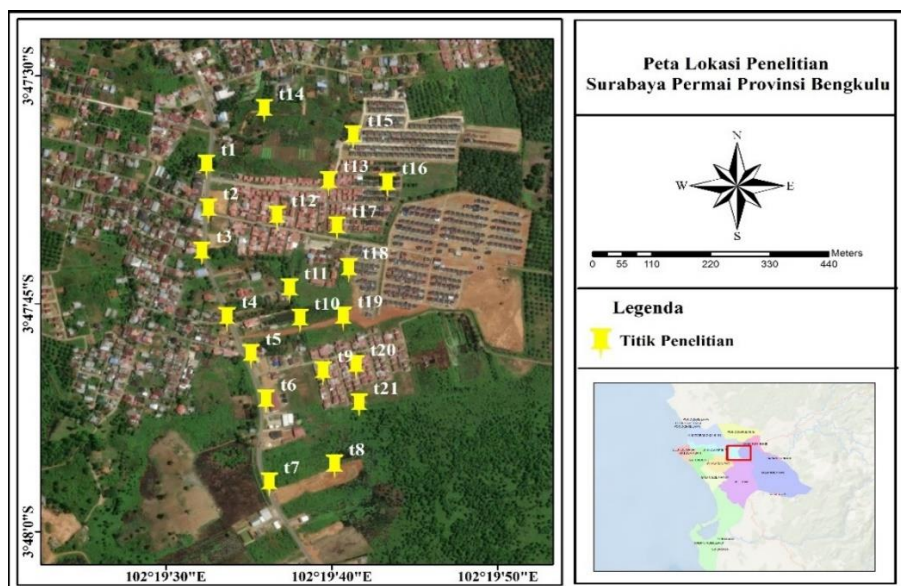
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat model 3D sebaran akuifer dan keterkaitan akuifer dengan DDTs di Geowisata Danau Dendam Tak Sudah Kota Bengkulu menggunakan Metode VES konfigurasi *Schlumberger*.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Lokasi

Pengambilan data lapangan dilakukan pada 12 Oktober 2024 di hulu DDTs pada Kelurahan Surabaya, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu yang berada pada koordinat 3°47'27.6"LS -102°19'37.2"BT. Akuisisi data dilakukan pada 21 titik VES dengan jarak antara elektroda 100-200 m yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Kota Bengkulu mempunyai formasi geologi utama: Alluvium (Qa), Andesit (Tpan), Endapan Danau (Qs), Formasi Bintunan (QTb), *Reef Limestone* (batu gamping terumbu) (Ql), Formasi Simpangaur (Tmps) dan Undak Alluvium (Qat) seperti pada Gambar 3.



Gambar (Figure) 2. Lokasi Titik Pengukuran VES (VES measurement locations)

Sumber (Source): BIG (2024) Google Earth dan Arcgis 10.4





Gambar (Figure) 4. Alat MAE X612-EM VHR Multi-Channel Resistivitymeter (MAE X612-EM VHR Multi-Channel Resistivitymeter Tools)

Sumber (Source): Dokumentasi Lab Fisika FMIPA Universitas Bengkulu, 2024 (Documentation of Physics Lab FMIPA Bengkulu University, 2024)

### C. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Kelurahan Surabaya, Kecamatan Sungai Serut, Kota Bengkulu. Pengukuran menggunakan metode geolistrik VES dengan konfigurasi *Schlumberger*. Jumlah data yang diambil sebanyak 21 titik *sounding* seperti desain penelitian pada Gambar 1 dengan asumsi sudah mewakili daerah *recharge area*.

Akuisisi data dilakukan menggunakan satu Set Geolistrik *Resistivity* yang terdiri dari empat buah elektroda. Elektroda tersebut dibagi menjadi dua jenis, yaitu elektroda potensial dan elektroda arus. Elektroda arus yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik ke dalam tanah, sedangkan elektroda potensial digunakan untuk mengukur beda potensial. Kabel

penghubung digunakan untuk menghubungkan elektroda arus dan elektroda potensial dengan kabel resistivitas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Sistem ini dilengkapi dengan alat bernama *accumulator* (Aki) sebagai sumber daya arus searah DC (*Direct Current*) untuk memperoleh nilai kuara arus, beda potensial dan resistivitas batuan pada lapisan bawah permukaan.

Untuk mengolah data digunakan beberapa *software* yaitu *software Progress* versi 3.0, *software Strater* versi 5, *software IP2WIN*, *software Surfer* versi 28, *software ArcGis* (ArcMap) versi 10.4, dan *Google Earth*. *Software ArcGis* (ArcMap) versi 10.4 dan *Google Earth* digunakan untuk membuat peta penelitian dan peta geologi. Setelah

data didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan *progress 3.0* dan diinversi *modelling* sampai menemukan nilai RMS minimal (*Root Mean Square*) < 5%. Untuk memperoleh penampang 1D digunakan *software Strater* versi 5 untuk mengilustrasikan jenis batuan berdasarkan nilai resistivitas di penampang 1D. Selanjutnya data penelitian ini dapat memodelkan 2D dari data lapangan lapisan akuifer berdasarkan nilai resistivitas terhadap kedalaman dengan menggunakan *software IP2WIN* yang terlihat pada Gambar 6, 7 dan 8 (Rafly dkk., 2025). Dari nilai resistivitas pada masing-masing VES, penampang 2D direkonstruksi menjadi model 3D menggunakan *Software Surfer* versi 28.

Nilai kedalaman yang diperoleh tetap akan sama meskipun terdapat perbedaan jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial, karna kedalaman titik pengukuran resistivitas batuan dipengaruhi oleh jarak antar elektroda tersebut (Tio dkk., 2022). Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung resistivitas batuan (Kirsch, 2006).

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

Diketahui:  $\rho$  merupakan resistivitas dengan satuan  $\Omega \cdot m$ ,  $V$  merupakan beda potensial dengan satuan  $V$  (*Volt*),  $K$  adalah faktor geometri dengan satuan  $m$  (meter), sedangkan  $I$  untuk *ampere* (arus listrik). Persamaan 2 merupakan

faktor geometri ( $K$ ) untuk konfigurasi *Schumberger* (Kirsch, 2006).

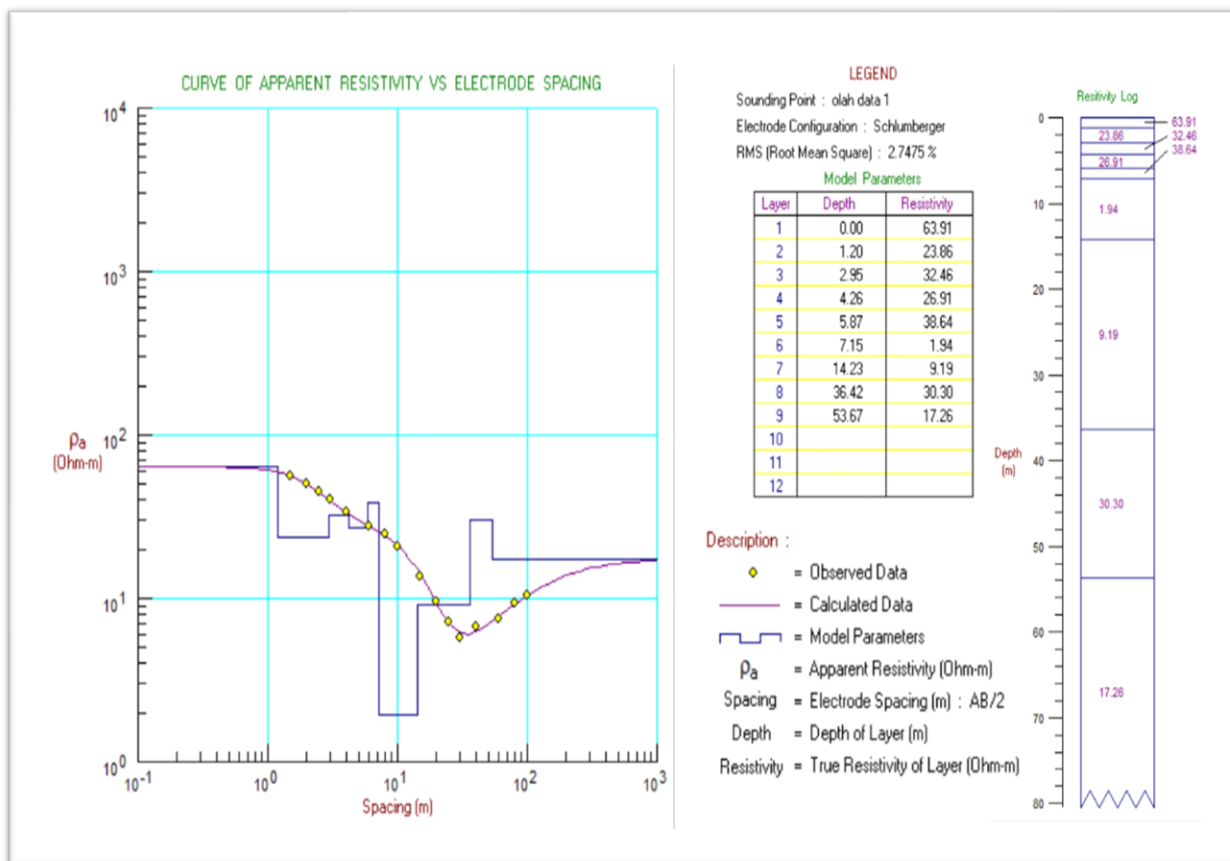
$$K = \frac{1}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right) - \left( \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right) \right] \quad (2)$$

Diketahui:  $MN$  merupakan jarak elektroda potensial,  $AB$  merupakan jarak elektroda arus, dan  $K$  adalah faktor geometri yang memiliki satuan meter.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang *resistivity log* 1D dengan kedalaman 80 meter menunjukkan variasi nilai resistivitas yang menggambarkan perbedaan batuan pada tiap lapisan bawah permukaan. Hasil dari pengolahan data tersebut dihasilkan nilai resistivitas batuan antara  $1,5 \Omega \cdot m - 150 \Omega \cdot m$  yang terlihat pada Gambar 5.

*Resistivity log* 1D memperlihatkan lapisan batuan berdasarkan nilai tahanan jenis dengan ketebalan yang berbeda-beda dan selanjutnya dilakukan interpretasi untuk mengetahui keberadaan lapisan akuifer yang berada di daerah penelitian. Berdasarkan nilai resistivitas pada Tabel 1 (Telford, dkk.,1990) dapat diklasifikasikan litologi batuan di setiap titik VES yang ditunjukkan pada Tabel 2 sehingga dapat diketahui jenis lapisan bawah permukaan terdiri dari *top soil*, *clay* (lempung), *clay shale* (lempung serpihan), kerikil pasiran (*sandy gravel*), dan air tanah (*groundwater*). Lapisan pada akuifer memiliki ketebalan dan kedalaman yang berbeda-beda pada setiap titik VES seperti pada Tabel 3



Gambar (Figure) 5. Kurva resistivitas VES 1D titik 1 (Resistivity curve of 1D VES point 1)

Sumber (Source): Analisis data Menggunakan Progress versi 3.0 (Data analysis Using Progress version 3.0, 2024)

Tabel (Table) 2. Klasifikasi jenis material di daerah penelitian dari pengolahan data progress versi 3.0 (Classification of material types in the study area from progress version 3.0 data processing)

No	Jenis material (material type)	Resistivitas (resistivity) (Ω.m)
1	Top Soil	70 – 100
2	Lempung (clay)	30 – 50
3	Lempung serpihan (clayshale)	19 – 30
4	kerikil pasiran (Passive gravel)	100 – 150
5	Air tanah ( groundwater)	1 - 19

Gambar 6 menunjukkan resistivity log 1D yang dihasilkan dengan menggunakan software Strater versi 5 untuk mengilustrasikan litologi batuan berdasarkan nilai resistivitas. Model yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan software Progress versi 3.0 menggambarkan lapisan litologi batuan berdasarkan nilai resistivitas. Lapisan

batuan setelah diinterpretasi berdasarkan kondisi geologi dan nilai resistivitas pada Tabel 1 dapat dilihat pada Gambar 6. Masing-masing titik sounding terdiri dari top soil, lempung (clay), lempung serpihan (clay shale), kerikil pasiran (passive gravel), dan air tanah (akuifer/groundwater).

Tabel (Table) 3. Ketebalan dan kedalaman Akuifer di 21 titik *sounding* dari hasil pengolahan data *progress* versi 3.0 (*Aquifer thickness and depth at 21 sounding points from the results of Pogrress data processing version 3.0*)

Titik VES (VES Points)	Kedalaman Akuifer (Depth of Aquifer) (m)	Ketebalan Akuifer (Aquifer Thickness ) (m)	Resistivitas ( <i>resistivity</i> ) ( $\Omega$ .m)	RMS (%)
1	7-35 & 54-80	28 & 26	1,94-9,19 & 17,26	2,7475
2	5,5-80	74,5	2,43-5,71	3,2880
3	2,5-80	77,5	4,82-12,61	3,5602
4	1,5-80	78,5	2,66-11,46	4,5591
5	4-80	76	2,09-13,69	3,5534
6	9-80	71	5,17-9,69	4,3580
7	2-4 & 17-80	2 & 63	13,48 & 6,59-9,71	4,5457
8	8-36	28	5,88-8,94	4,5996
9	8-80	72	5,90-15,43	3,9746
10	9,5-80	70,5	9,87-17,43	3,2983
11	2,5-80	77,5	2,31-7,94	3,7546
12	1-17	16	8,84-14,92	4,0840
13	1,5-4,5 & 7-16 & 36-80	3 & 9 & 44	11,74-15,89 & 6,43-9,79 & 7,52-18,34	2,8875
14	8-16 & 35-80	8 & 45	4,07 & 7,51-14,41	3,8741
15	1-54.5	53	3,81-14,45	2,8770
16	2-53	51	6,77-17,12	3,7803
17	1-35	34	5,13-18,11	4,3318
18	2-80	72	3,95-12,91	3,9483
19	2-12	10	5,58-19,88	3,8508
20	1-80	72	4,09-16,90	2,4712
21	1,5-2,5 & 8,5-18 & 36-80	1 & 9,5 & 44	16,4 & 3,17 & 4,06-11,01	3,6373

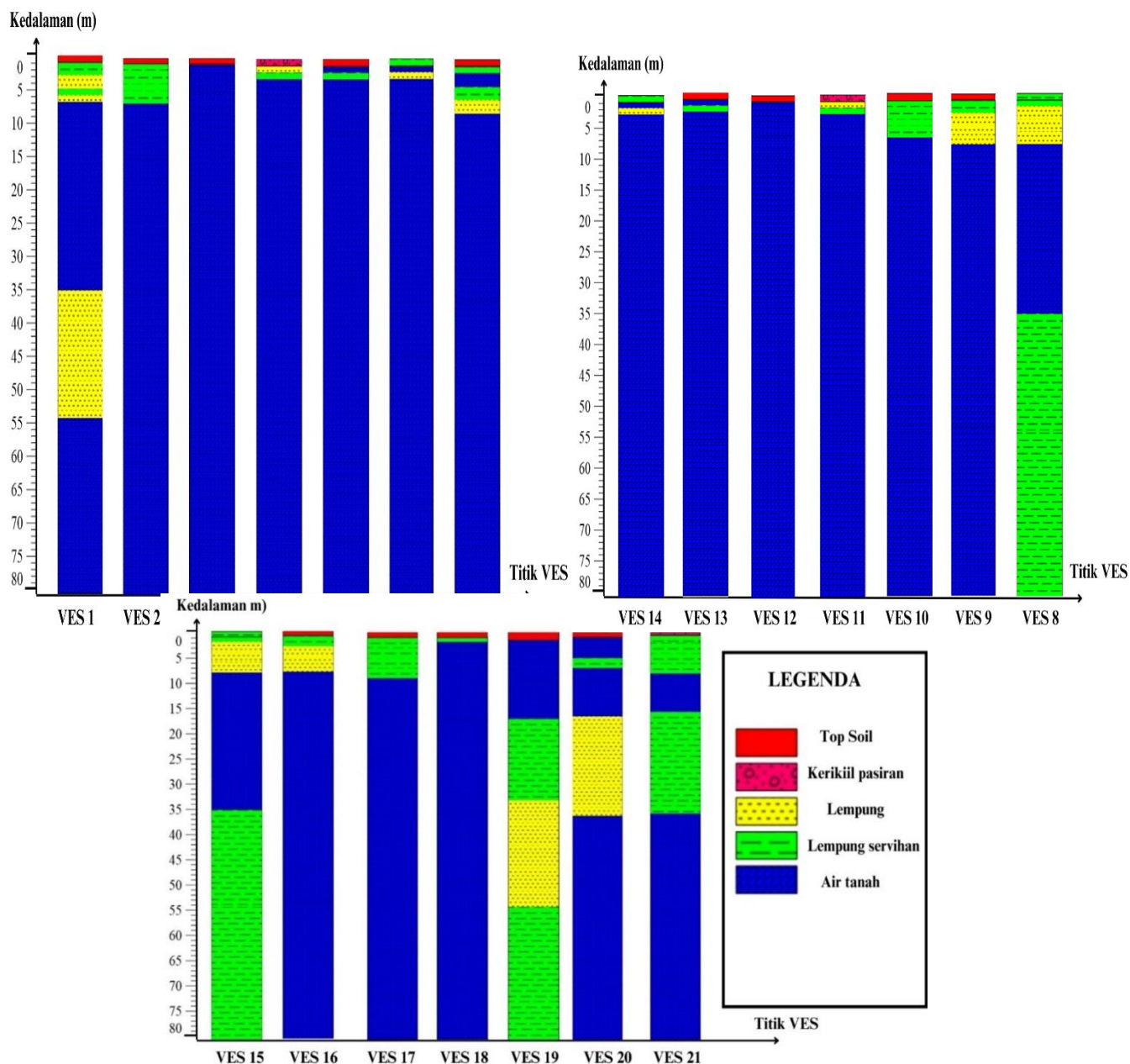
Sumber (Source): Analisis hasil data *progress* versi 3.0 (*Data analysis Using Progress version 3.0, 2024*)

Keterangan (Remarks): Hasil pengolahan data VES dari *progress* versi 3.0 (*VES data processing results from Progress version 3.0*)

Berdasarkan model 2D yang diperoleh dari *software* IP2Win yang menunjukkan nilai resistivitas sesungguhnya setelah data di lapangan diinversi, diperoleh seperti pada Gambar 7 (a), 7 (b), dan 7 (c).

Pada Gambar 7 (a) model 2D, seluruh titik VES menunjukkan adanya sebaran akuifer, dengan didominasi pada titik VES 1 dan titik VES 7. Kedalaman akuifer bekisar antara 2 m – 80 m dengan nilai resistivitas

4.19  $\Omega$ .m – 17,5  $\Omega$ .m. Nilai resistivitas untuk lapisan lempung berkisara antara 19.1  $\Omega$ .m – 61.8  $\Omega$ .m, yang mengindikasikan sifat permeabel. Selain nilai resistivitas di bawah 1  $\Omega$ .m diidentifikasi sebagai air permukaan atau air rawa, sedangkan nilai resistivitas di atas 300  $\Omega$ .m menunjukkan adanya batuan dasar (*bedrock*).



Gambar (Figure) 6. Log resistivity 1D Penampang litologi batuan di titik sounding (*1D resistivity log Cross section of rock lithology at sounding points*)

Sumber (Source): Analisis data log 1D Strater versi 5 (*Strater version 5 1D log data analysis, 2024*)

Gambar 7 (b) menunjukkan hasil model 2D yang memperlihatkan bahwa pada titik VES 12 dan titik VES 13 tidak memiliki sebaran akuifer. Namun titik VES lainnya menunjukkan sebaran akuifer yang didominasi oleh titik VES 9, VES 11 dan VES 14. kedalaman akuifer tersebut berkisar

2 m – 80 m dengan nilai resistivitas 6.05  $\Omega$ .m – 17  $\Omega$ .m yang dilapisi oleh batuan lempung dan lempung serpihan dengan nilai resistivitas 28.5  $\Omega$ .m – 37.9  $\Omega$ .m.

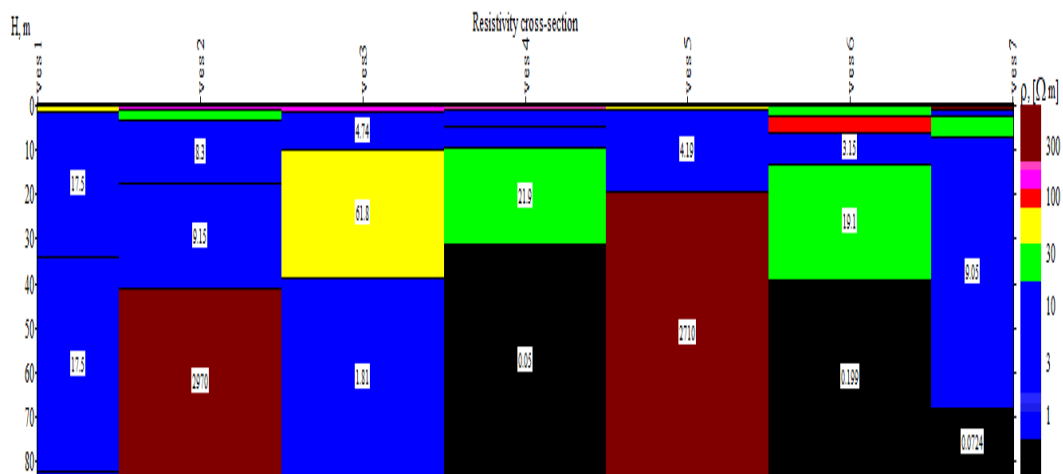
Sementara itu pada Gambar 7 (c) menunjukkan hasil model 2D bahwa pada titik VES 15 dan 21 tidak memiliki sebaran

akuifer, sebaran akuifernya berada pada titik 16,17,18,19 dan 20 dan didominasi oleh titik VES 18 dengan kedalaman akuifer dimulai dari 2 m – 80 m dengan nilai resistivitas 4.26  $\Omega$ .m – 16.5  $\Omega$ .m dan di lapiasi oleh batuan lempung dan lempung serpihan yang memiliki nilai resistivitas 21.4  $\Omega$ .m – 40.9  $\Omega$ .m.

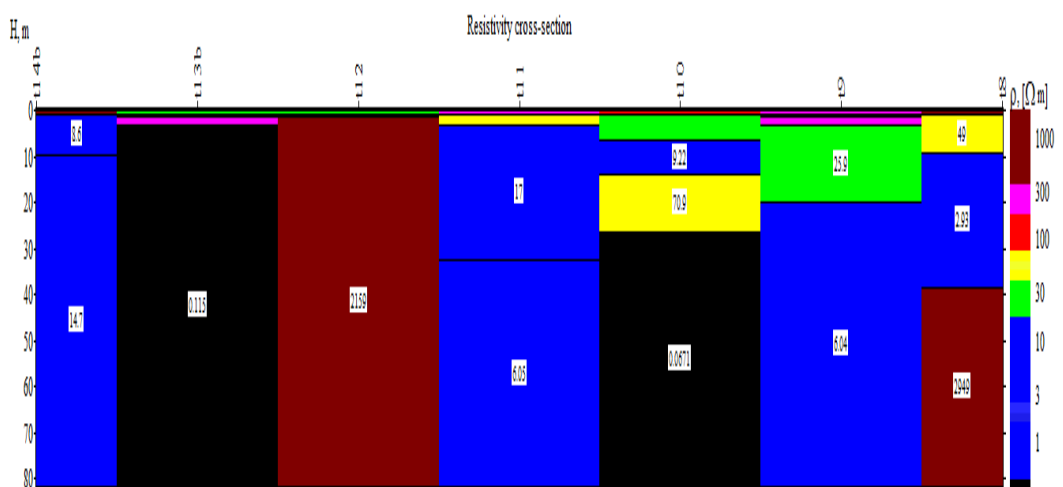
Dari model 2D direkonstruksi menjadi model 3D menggunakan *Software Surfer* versi 28. Terlihat pada Gambar 8 (a) yang terdiri dari tiga lintasan dan 21 titik VES di daerah penelitian. Keterkaitan sebaran

akuifer di daerah penelitian dengan daerah DDTS ditunjukkan pada Gambar 8 (b).

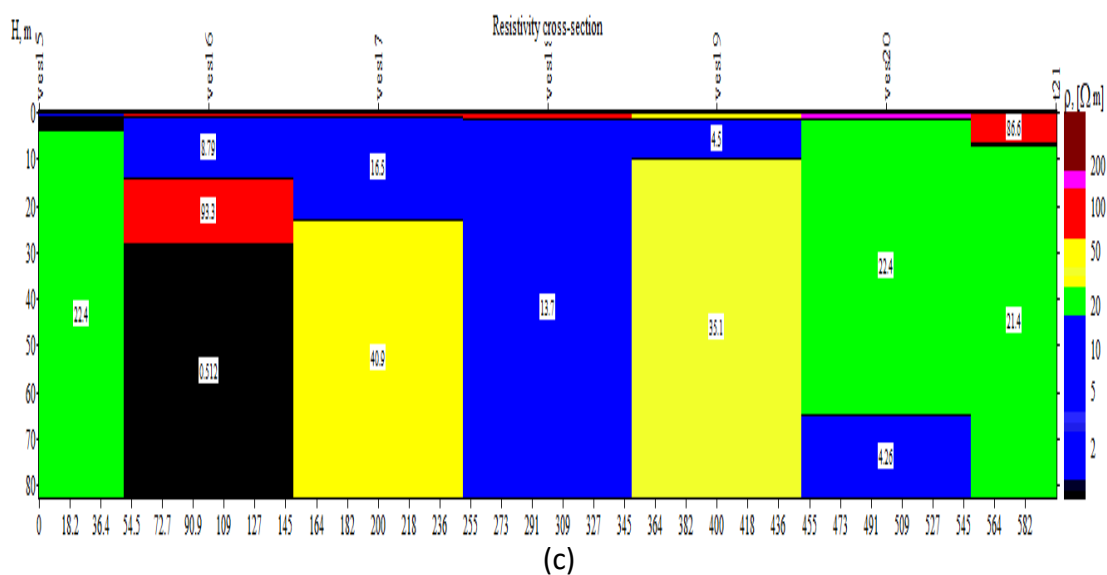
Pada Gambar 8 (b) model 3D yang didapatkan dari kontruksi model 2D dengan nilai resistivitas menunjukkan adanya sebaran lapisan akuifer dangkal dengan kedalaman 1,5 – 25 m sehingga dapat direkomendasikan kepada masyarakat untuk membuat sumur gali dan juga terdapat lapisan akuifer dalam dengan kedalaman > 25 m yang bisa direkomendasikan untuk pembuatan sumor bor pada titik VES 1, 9,14 dan 18.



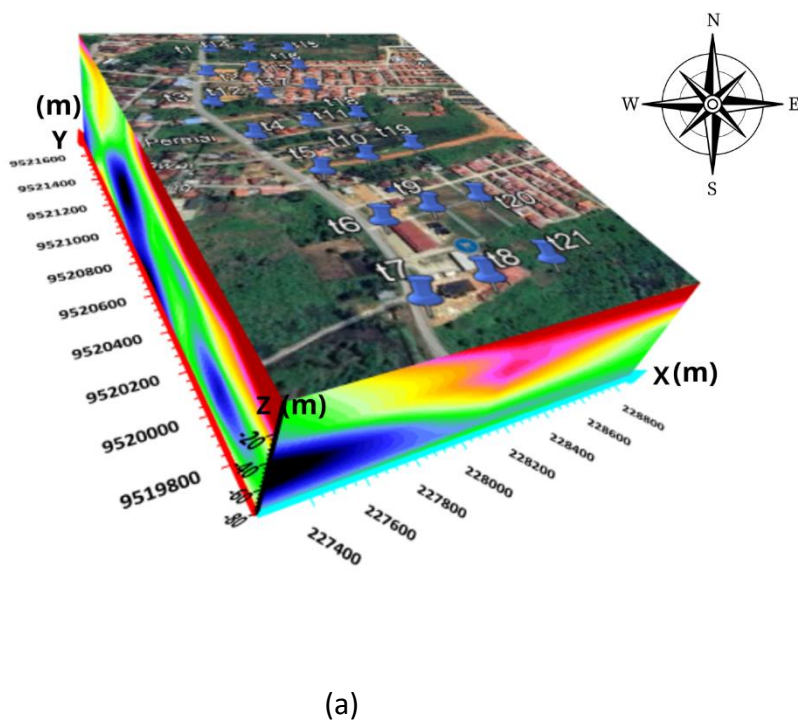
(a)

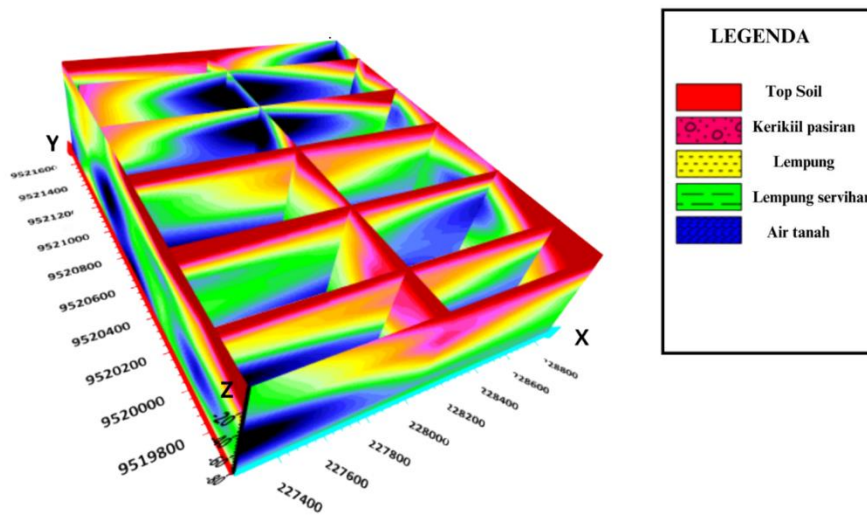


(b)



Gambar (Figure) 7. Model 2D lapisan akuifer berdasarkan nilai resistivitas (a) titik sounding 1 - 7, (b) titik sounding 8 – 14, (c) titik sounding 15 -21 (2D model of aquifer layer based on resistivity value (a) sounding point 1-7, (b) sounding point 8-14, (c) sounding point 15-21)  
 Sumber (source): Analisis data menggunakan IPI2win (Data analysis using IPI2win, 2024)





(b)

Gambar (Figure) 8. Model 3D Lapisan Akuifer di Hulu Danau Dendam Tak Sudah Kota Bengkulu (*3D Model of Aquifer Layers at the Upstream of Dendam Tak Sudah Lake, Bengkulu City*)

Sumber (Source) 8. Analisis data menggunakan Surfer versi 28 (Data analysis using Surfer version 28, 2024)

Model 3D sebaran lapisan akuifernya terlihat pada titik *sounding* 1 dan 2 di sisi barat yang berdekatan dengan Danau Dendam Tak Sudah dan mempunyai kedalaman akuifer antara 1,5 – 80 m yang dialiri dari titik VES 9, 11, 14 dan 18. Lapisan dengan ketebalan paling tipis ada di titik *sounding* 1, dimana air tanah tersebut mengalir dari sisi timur ke sisi barat menuju mendekati danau. Hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi topografi dimana daerah penelitian lebih tinggi dibandingkan DDTs sehingga membuat akuifer pada titik VES 18 mengalir ke titik VES 11 dan 13, hingga ke titik VES 1 dan 2. Berdasarkan kondisi geologi dan data lapangan dapat diketahui bahwa ada keterkaitan akuifer dengan danau dimana akuifer yang mengalir atau mengisi air ke DDTs.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei geolistrik menggunakan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) dengan konfigurasi *Schlumberger* di 21 titik VES di kawasan hulu Danau Dendam Tak Sudah (DDTS), telah diidentifikasi keberadaan akuifer dangkal dengan kedalaman < 20 m dan akuifer dalam dengan kedalaman > 25 m dengan ketebalan yang bervariasi antara 1,5 – 78,5 m. Nilai resistivitas 1,5 – 19  $\Omega.m$  merepresentasikan air tanah yang dilapisi oleh lapisan lempung (clay) dan serpihan lempung (clay shale) yang bersifat permeable (19.1  $\Omega.m$  – 61.8  $\Omega.m$ ). Hasil interpretasi menunjukkan bahwa sebaran akuifer tidak merata, namun akuifer ditemukan lebih dominan pada titik VES 1, 9, 14, dan 18. Model 3D sebaran akuifer yang telah direkonstruksi dari data resistivitas dan kontur topografi menggambarkan arah pergerakan air tanah dari sisi timur menuju sisi barat mendekati

DDTS. Pola ini mengidentifikasi keterhubungan/keterkaitan lapisan akuifer bawah permukaan dengan keberadaan air di DDTS, memperkuat indikasi hubungan hidrologi antara keduanya.

Hasil penelitian ini mendukung tujuan awal studi, yaitu memetakan sebaran dan arah aliran air tanah di wilayah geowisata DDTS. Namun demikian, agar temuan ini juga dapat menjadi dasar penting dalam upaya perencanaan, pengelolaan, dan pelestarian sumber daya air tanah secara berkelanjutan di kawasan tersebut, butuh divalidasi dengan jumlah data yang lebih banyak atau menggunakan analisa dengan konfigurasi yang lain seperti *Dipole-pole/Wenner-Schalumberger*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih Penulis ucapkan untuk semua pihak yang berkontribusi dalam penelitian ini serta kepada Laboratorium Fisika FMIPA Universitas Bengkulu yang telah memfasilitasi dan tidak lupa kepada Program Studi Geofisika Universitas Bengkulu memberikan bantuan dana untuk projek independen penelitian ini.

#### KONTRIBUSI

Intan gayatriani selaku penulis pertama bertugas untuk merencanakan tema penelitian, mengolah data dan menyusun artikel hingga selesai dan sebagian besar pengolahan data dibantu oleh Sendiya verentina. Usman gumanty bertugas untuk membuat peta. marven saputra bertugas untuk pengambilan data di lapangan. Sementara Suhendra S.si.,M.T sebagai pembimbing yang melakukan evaluasi serta perbaikan dalam penulisan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andas, J., Maiyudi, R., & Yulhendra, D. (2020). Identification of Ground Water Using the Wenner-Schlumberger Configuration Method in Nagari Ranah Pantai Cermin. *Journal of Physics: Conference Series*, 1594(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1594/1/012039>
- Arini, E., Astuti, B., & Sismanto, A. (2021). Strategi Peningkatan Kunjungan Wisatawan Ke Danau Dendam Tak Sudah Kota Bengkulu. *BALANCE: Economic, Business, Management and Accounting Journal*, 18(1), 20. <https://doi.org/10.30651/blc.v18i1.6409>
- Djana, M. (2023). Analisis Kualitas Air Dalam Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Natar Hajimena Lampung Selatan. *Jurnal Redoks*, 8(1), 81–87. <https://doi.org/10.31851/redoks.v8i1.1853>
- Ebong, E. D., Abong, A. A., Ulem, E. B., & Ebong, L. A. (2021). Geoelectrical Resistivity and Geological Characterization of Hydrostructures for Groundwater Resource Appraisal in the Obudu Plateau, Southeastern Nigeria. *Natural Resources Research*, 30(3), 2103–2117. <https://doi.org/10.1007/s11053-021-09818-4>
- Febriana, R. K. N., Minarto, E., & Tryono, F. Y. (2017). Identifikasi Sebaran Aliran Air Bawah Tanah ( Groundwater ) dengan Metode Vertical Electrical. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2), 6–10. Retrieved from [https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains\\_seni/article/view/25280](https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/25280)
- Fetter, C. W. (2001). *Applied Hydrogeology 4th Edition*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2, 8.

- Fitrianto, T. N., Supriyadi, S., Taufiq, U. A., Mukromin, T. M., & Wardana, A. P. (2018). Identifikasi Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Bapangsari Kecamatan Bagelen Kabupaten Purworejo. *Jurnal Fisika FLUX*, 15(2), 100. <https://doi.org/10.20527/flux.v15i2.4954>
- George, N. J., Emah, J. B., & Ekong, U. N. (2015). Geohydrodynamic properties of hydrogeological units in parts of Niger Delta, southern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 105(March 2015), 55–63. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2015.02.009>
- Hindersah, R. S. dan R. (2009). *BENGKULU*. 198–210.
- Irawan, L. Y., Arinta, D., Panoto, D., Pradana, I. H., Sulaiman, R., Nurrizqi, E., & Prasad, R. R. (2022). Identifikasi karakteristik akuifer dan potensi air tanah dengan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger di Desa Arjosari, Kecamatan Kalipare, Kabupaten Malang. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 27(1), 102–116. <https://doi.org/10.17977/um017v27i12022p102-116>
- Khalik, I., Asep, S., Sigid, H., Elisa, A., Penyembuhan, H., & Mardiani. (2023). *Penelitian Asli Studi Status Kualitas Air Sungai Dendam Tak Sudah Lake in Bengkulu City , Indonesia : 2(2)*, 1633–1643.
- Lu, Z., Zhang, J., Yan, D., Li, C., & Lei, G. (2025). Journal of Hydrology : Regional Studies Quantitative study of the impact of land use change on groundwater level in the Songnen Plain , China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 59(May), 102452. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102452>
- 2452
- M. Tio, F., Yunita, A., Bernaldi, R., & Sugianto, N. (2022). Soil Porosity Conditions in Flood-Prone Areas of the Prosperous Swamp of Bengkulu City Based on Geoelectrical Measurement. *Gravitasi*, 21(1), 1–4. <https://doi.org/10.22487/gravitasi.v21i1.15813>
- Maghribi, F. B., Refrizon, R., Suhendra, S., Fadli, D. I., Halauddin, Idris, B. S., ... Putriani, E. (2023). Investigation of Subsurface Groundwater Using the Ves Method Around Dendam Lake, Bengkulu City, Indonesia. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 8(2), 105–120. <https://doi.org/10.21009/spektra.082.04>
- Nainggolan, B. F. G., Paembonan, A. Y., & Farduwin, A. (2024). *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*. 10(01), 24–36. Retrieved from [doi.org/10.23960/jge.v9i2.343](https://doi.org/10.23960/jge.v9i2.343)
- Nuraini, F., Siregar, A. suryani, Arum, D. S., & Suhendra. (2022). Pendugaan Air Tanah Menggunakan Metode Tahanan Jenis di Kelurahan Kandang Limun, Kota Bengkulu. *Newton-Maxwell Journal of Physics*, 3(2), 65–70. <https://doi.org/10.33369/nmj.v3i2.24078>
- Oloruntola, M. O., Adeyemi, G. O., Bayewu, O., & Obasaju, D. O. (2019). Hydro-geophysical mapping of occurrences and lateral continuity of aquifers in coastal and landward parts of Ikorodu, Lagos, Southwestern Nigeria. *International Journal of Energy and Water Resources*, 3(3), 219–231.

- <https://doi.org/10.1007/s42108-019-00026-8>
- Paembonan, A. yadi. (2021). *Investigasi Air Tanah Berdasarkan Nilai Lampung Selatan Groundwater Investigation Based on the Resistivity Value in Jatisari Village , South. 07(02)*, 100–110.
- Pico Pudiansa, Rokky Gumanti, Muhammad Melian, Reflis, R., & Satria Utama. (2024). Penurunan Debit Air Danau Dendam Tak Sudah untuk Irigasi Persawahan Setelah Perubahan Status Cagar Alam Menjadi Taman Wisata Alam. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(3), 255–261. <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i3.3477>
- Prasetya, D., & Widjayanti, R. Y. (2023). Identifikasi Lapisan Akuifer Dangkal Berdasarkan Model 2D Dan 3D Resistivitas Di Desa Sukmajaya, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Buletin Mtereologi, Klimatologi, Dan Geofisika*, 4(5), 22–37.
- Rafly, T. Al, Hadi, A. I., Rahmat, A., Ansory, A., & Raihana, H. (2025). *Ulasan Fisika Bahasa Indonesia. 08(c)*, 1–16.
- Rizka, & Satiawan, S. (2019). Investigasi Lapisan Akuifer Berdasarkan Data Vertical Electrical Sounding (VES) dan Data Electrical Logging; Studi Kasus Kampus ITERA. *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, 17(2), 91–100. Retrieved from <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
- Sedana, D., As'ari, A., & Tanauma, A. (2015). Pemetaan Akuifer Air Tanah Di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 33. <https://doi.org/10.35799/jis.15.1.2015.6778>
- Sudarta. (2022). *Dampak Kerusakan Kawasan Cagar Alam Danau Dusun Besar terhadap Aspek Sosial Ekonomi Petani Di Sekitar Danau Dendam Tak Sudah Kota Bengkulu.*
- Sugianto, N., Farid, M., & Suryanto, W. (2016). Local geology condition of Bengkulu city based on seismic vulnerability index (Kg). *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(7), 4797–4803.
- Suhendra, S., Budianto, G., Halaudidin, H., & Lidiawati, L. (2023). (2023). Identifikasi Akuifer Di Daerah Rawan Banjir Dengan Metode Vertical Electrical Sounding Di Kecamatan Muara Bangkahulu (Identification of Aquifers in Flood-Prone Areas using the Vertical Electrical Sounding Method in Muara Bangkahulu sub-district). *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Vol. 7(1)*, 23–40.
- Susilo, A., Sunaryo, Isdarmadi, K., & Rusli. (2017). Investigation of Jabung Temple subsurface at Probolinggo, Indonesia using resistivity and geomagnetic methods. *International Journal of GEOMATE*, 13(40), 74–80. <https://doi.org/10.21660/2017.40.39246>
- Tampubolon, A. C. E., Yanmesli, Y., & Utami, A. D. (2023). Potensi Geografi Danau Dendam Tak Sudah Sebagai Objek Wisata Kota Bengkulu. *Jurnal Georaflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi*, 8(1), 68–71. <https://doi.org/10.32663/georaf.v8i1.4011>
- Telford, W. M., & Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). Applied Geophysics (2nd ed.). *CambridgeUniversity Press*, 4. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/CBO9781139167932%0ATheon>,

Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology 3rd. Edition. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.*, pp. 645–645.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6\\_72667](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41714-6_72667)

Usman, B., Manrulu, R. H., Nurfalaq, A., & Rohayu, E. (2017). Identifikasi Akuifer Air Tanah Kota Palopo Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger. *Jurnal Fisika FLUX*, 14(2), 65.  
<https://doi.org/10.20527/flux.v14i2.4091>

Vina Wulandari, Romla Noor Hakim, & Hafidz Noor Fikri. (2024). Analisis Interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW) dan Ordinary Kriging (OK) untuk Estimasi Volume Batubara di Area. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 7(1).

Welayaturromadhona, W., Saputri, E. E. D., Sakura, R. R., & Kusumadewi, T. V. (2022). Identifikasi Potensi Air Tanah dengan Metode Geolistrik: Studi Kasus di Desa Sumberpakem Kabupaten Bondowoso. *JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 6(1), 121.  
<https://doi.org/10.30595/jppm.v6i1.7033>