

Analisis Sistem Cekungan Airtanah untuk Keperluan Irigasi Berdasarkan Data Geolistrik 1D di Desa Parbulu, Provinsi Maluku

Analysis of Groundwater Basin System for Irrigation Purposes Based on 1D Geoelectric Data in Parbulu Village, Maluku Province

Stephany Franklyn Sihasale^a, Micky Kololu^a, Resti Limehuwey^b, Deny Juanda Puradimaja^c

^a Program Studi Teknik Geologi, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Kode Pos 97233, Indonesia

^b Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Kode Pos 97233, Indonesia

^c Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, Kota Bandung, Kode Pos 40132, Indonesia

ABSTRACT

Parbulu Village, Buru Regency, Maluku Province, is located within the Waepo Groundwater Basin and is underlain by Quaternary deposits developed in an alluvial environment. This geological setting includes sand and gravel that may serve as media for groundwater storage and movement, as well as clay with relatively low permeability that may act as a confining layer. This study aims to interpret the resistivity characteristics, lithology, depth, and thickness of subsurface layers and to identify indications of layers that may act as groundwater-bearing units based on Vertical Electrical Sounding (VES) using the *Schlumberger* configuration. Measurements were conducted at five sounding points, namely GL-01 to GL-05, with a maximum electrode spread of 400 m. The data were processed using IPI2WIN and PROGRESS v3.0, integrated with regional geological and hydrogeological conditions, and visualized using RockWorks 17 and Surfer. The interpretation results show resistivity values ranging from 1.08 to 8,969 Ω m, with interpreted materials consisting of clay, sandy clay, sand, sandy material, and gravel. Intervals interpreted as indications of groundwater-bearing layers are generally composed of sand and gravel, whereas clay layers are interpreted as relatively low-permeability confining layers. At GL-04, a sand interval at a depth of 5.56–15.70 m has a thickness of 10.14 m, while GL-05 contains a permeable-material interval at a depth of 54.65–97.64 m separated by a relatively thick clay layer. The three-dimensional model provides an interpretative visualization of subsurface variations based on interpolation between the five VES points and is not considered direct evidence of lateral continuity between sounding points. The results provide preliminary information on subsurface characteristics and indications of groundwater-bearing intervals that may support further hydrogeological investigations related to groundwater utilization for irrigation. Determination of groundwater discharge, quality, productivity, and sustainability requires further hydrogeological investigation.

ARTICLE HISTORY

Received: August 18, 2026

Accepted: October 09, 2026

Published: October 12, 2026

KEYWORDS

Groundwater, Waepo Groundwater Basin, Geoelectrical Method, VES, Resistivity, Irrigation

CORRESPONDING AUTHOR

Stephany Franklyn Sihasale

Email: stephanyfranklynsihasale@gmail.com

How to cite: Sihasale, S. F., Kololu, M., Limehuwey, R., & Puradimaja, D. J. (2026). Analisis Sistem Cekungan Airtanah untuk Keperluan Irigasi Berdasarkan Data Geolistrik 1D di Desa Parbulu, Provinsi Maluku. *Journal of Geomatics Engineering, Technology, and Science*, 5(1), 10-22. <https://doi.org/10.51967/gets.v5i1.76>

CONTACT Stephany Franklyn Sihasale ✉ stephanyfranklynsihasale@gmail.com

© 2026 The Author(s). Published by Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits, unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. PENDAHULUAN

Airtanah merupakan salah satu sumber daya air yang penting dalam mendukung kebutuhan masyarakat dan kegiatan pertanian, khususnya pada wilayah yang memiliki keterbatasan sumber air permukaan. Pemanfaatan airtanah untuk keperluan irigasi memerlukan informasi mengenai kondisi bawah permukaan, terutama keberadaan, kedalaman, ketebalan, dan karakteristik lapisan yang berpotensi menyimpan serta mengalirkan airtanah (Koesuma & Aldi, 2022). Informasi tersebut penting karena sistem akuifer dikontrol oleh kondisi geologi dan hidrogeologi, termasuk keberadaan material berpori dan permeabel serta lapisan berbutir halus yang dapat berperan sebagai lapisan pembatas. Oleh karena itu, karakterisasi kondisi bawah permukaan pada skala lokal menjadi salah satu tahapan awal dalam memahami sistem airtanah dan mendukung perencanaan pemanfaatannya.

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode geofisika yang banyak diterapkan dalam investigasi airtanah karena dapat memberikan informasi mengenai variasi sifat kelistrikan material bawah permukaan secara non-destruktif (Wahab dkk., 2021; Nugraha dkk., 2021). Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Vertical Electrical Sounding* (VES), yang memungkinkan perubahan resistivitas bawah permukaan dianalisis secara vertikal untuk memperkirakan susunan, kedalaman, dan ketebalan lapisan yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan indikasi lapisan pembawa airtanah (Anda dkk., 2023; Wijaya & Kusmiran, 2021).

Berbagai penelitian telah menunjukkan penerapan metode VES dalam investigasi airtanah pada kondisi geologi yang berbeda. Nugraha dkk. (2021) di Kertajati, Jawa Barat, menunjukkan bahwa konfigurasi *Schlumberger* pada VES dapat digunakan untuk mengidentifikasi susunan bawah permukaan yang berkaitan dengan sistem akuifer serta membedakan satuan yang diinterpretasikan sebagai lempung, pasir aluvial, dan satuan batuan yang lebih tua. Dzakiya dkk. (2021) juga menunjukkan bahwa metode VES dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik airtanah berdasarkan variasi resistivitas dan interpretasi litologi bawah permukaan, dengan lapisan batupasir yang diinterpretasikan sebagai lapisan akuifer pada kedalaman tertentu. Sementara itu, Nainggolan dkk. (2024) menunjukkan bahwa metode VES dapat digunakan untuk memperkirakan kedalaman lapisan akuifer berdasarkan variasi nilai resistivitas dan interpretasi litologi bawah permukaan.

Penerapan metode geolistrik untuk investigasi airtanah juga berkembang pada berbagai kondisi

geologi di Indonesia. Syaputri dkk. (2024) menggunakan data VES untuk mengidentifikasi kondisi airtanah berdasarkan resistivitas dan porositas batuan di Kampung Melayu, Kota Bengkulu, sedangkan Sepriyenra dkk. (2024) menggunakan sepuluh titik VES konfigurasi *Schlumberger* untuk mengidentifikasi beberapa tipe akuifer berdasarkan kedalaman dan nilai resistivitas. Puspita dkk. (2025) juga menerapkan metode VES untuk pemetaan akuifer dalam mendukung identifikasi dan konservasi recharge area di Kapanewon Jetis, Kabupaten Bantul. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa VES dapat memberikan informasi mengenai variasi resistivitas, kedalaman, dan karakteristik lapisan bawah permukaan yang berkaitan dengan keberadaan lapisan pembawa airtanah. Namun, interpretasi nilai resistivitas tidak dapat digunakan secara tunggal untuk menentukan litologi maupun keberadaan airtanah sehingga perlu dikaitkan dengan kondisi geologi dan hidrogeologi setempat agar interpretasi bawah permukaan lebih representatif (Al Rafly dkk., 2024; Syaputri dkk., 2024).

Dalam konteks pemanfaatan airtanah untuk pertanian, penelitian Jaya dkk. (2024) di Desa Haruru, Maluku Tengah, menunjukkan penerapan metode geolistrik untuk mengidentifikasi sumber airtanah bagi kelompok tani. Hasil interpretasi geolistrik digunakan sebagai dasar dalam menentukan lokasi pemboran, dan pemboran pada salah satu lintasan memperoleh airtanah pada kedalaman sekitar 32 m yang kemudian dimanfaatkan untuk mendukung kegiatan pertanian pada musim kemarau. Temuan tersebut menunjukkan bahwa informasi kondisi bawah permukaan hasil survei geolistrik dapat memberikan informasi awal dalam menentukan target pengembangan sumber airtanah untuk kebutuhan pertanian. Namun, pemanfaatan hasil interpretasi geolistrik untuk keperluan irigasi tetap memerlukan verifikasi hidrogeologi lebih lanjut untuk mengetahui kondisi airtanah secara aktual dan keberlanjutan pemanfaatannya (Jaya dkk., 2024; Koesuma & Aldi, 2022).

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan penerapan metode VES dalam mengidentifikasi lapisan pembawa airtanah berdasarkan variasi resistivitas, kedalaman, dan karakteristik litologi (Nugraha dkk., 2021; Sepriyenra dkk., 2024), informasi mengenai karakteristik bawah permukaan pada skala lokal di Desa Parbulu masih terbatas. Karakteristik lapisan pembawa airtanah dipengaruhi oleh variasi litologi, porositas, permeabilitas, kandungan air, serta kondisi geologi setempat (Al Rafly dkk., 2024; Syaputri dkk., 2024). Selain itu, nilai resistivitas hasil pengukuran geolistrik tidak dapat digunakan secara tunggal untuk menentukan jenis litologi atau keberadaan airtanah

sehingga diperlukan integrasi dengan informasi geologi dan hidrogeologi. Dengan demikian, kesenjangan penelitian ini terletak pada masih terbatasnya informasi mengenai karakteristik vertikal lapisan bawah permukaan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah dan lapisan pembatas di Desa Parbulu berdasarkan integrasi data VES 1D dengan kondisi geologi dan hidrogeologi regional.

Desa Parbulu, Kecamatan Waelata, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku merupakan bagian dari wilayah Cekungan Airtanah (CAT) Waepo dan berada pada lingkungan endapan aluvial. Kondisi geologi tersebut memungkinkan berkembangnya material berbutir relatif kasar seperti pasir dan kerikil yang dapat berperan sebagai media penyimpanan dan pergerakan airtanah. Dalam konteks pemanfaatan airtanah untuk keperluan pertanian dan irigasi, informasi mengenai kondisi bawah permukaan diperlukan sebagai informasi awal untuk mengetahui kedalaman dan karakteristik interval material yang dapat berperan sebagai pembawa airtanah. Namun, hasil interpretasi geolistrik tidak secara langsung menunjukkan debit, kualitas, produktivitas, maupun keberlanjutan pemanfaatan airtanah. Oleh karena itu, hasil penelitian ini ditempatkan sebagai informasi awal yang memerlukan verifikasi melalui kajian hidrogeologi lebih lanjut.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi data VES 1D dari lima titik *sounding* (GL-01 hingga GL-05) dengan informasi geologi dan hidrogeologi regional untuk menginterpretasikan karakteristik lapisan bawah permukaan di Desa Parbulu. Integrasi tersebut digunakan untuk mengidentifikasi variasi resistivitas serta menginterpretasikan litologi, kedalaman, ketebalan, dan karakteristik hidrogeologi lapisan bawah permukaan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah dan lapisan pembatas. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi bawah permukaan pada skala lokal sebagai dasar awal dalam memahami karakteristik sistem airtanah dan mendukung pertimbangan pemanfaatan airtanah untuk keperluan irigasi. Namun, hasil interpretasi VES dalam penelitian ini belum dapat digunakan untuk menentukan kelayakan dan keberlanjutan airtanah sebagai sumber irigasi. Penilaian tersebut memerlukan data hidrogeologi tambahan, seperti muka airtanah, debit atau hasil uji pemompaan, serta kualitas airtanah.

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) Bagaimana karakteristik resistivitas bawah permukaan berdasarkan data *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger* pada lima titik pengukuran di Desa

Parbulu?; (2) Bagaimana karakteristik litologi, kedalaman, dan ketebalan lapisan bawah permukaan berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik dan kondisi geologi daerah penelitian?; (3) Bagaimana indikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah dan lapisan pembatas berdasarkan integrasi data geolistrik, geologi, dan hidrogeologi regional?; dan (4) Bagaimana hasil interpretasi kondisi bawah permukaan tersebut dapat digunakan sebagai informasi awal untuk mendukung pertimbangan pemanfaatan airtanah bagi keperluan irigasi di Desa Parbulu?

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Menginterpretasikan karakteristik resistivitas bawah permukaan berdasarkan data *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger* pada lima titik pengukuran di Desa Parbulu; (2) Mengidentifikasi karakteristik litologi, kedalaman, dan ketebalan lapisan bawah permukaan berdasarkan hasil interpretasi data geolistrik dan kondisi geologi daerah penelitian; (3) Mengidentifikasi indikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah dan lapisan pembatas berdasarkan integrasi data geolistrik, geologi, dan hidrogeologi regional; dan (4) Menyediakan informasi awal mengenai kondisi bawah permukaan sebagai dasar pertimbangan untuk kajian lebih lanjut terkait pemanfaatan airtanah bagi keperluan irigasi di Desa Parbulu.

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada interpretasi kondisi bawah permukaan berdasarkan data *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger* pada lima titik pengukuran, yaitu GL-01, GL-02, GL-03, GL-04, dan GL-05 di Desa Parbulu, Kecamatan Waelata, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku. Interpretasi dilakukan berdasarkan nilai resistivitas hasil pengolahan dan inversi, kedalaman, ketebalan, serta interpretasi litologi yang kemudian diintegrasikan dengan kondisi geologi dan hidrogeologi regional.

Kajian hidrogeologi dalam penelitian ini difokuskan pada identifikasi indikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah dan lapisan pembatas berdasarkan karakteristik resistivitas dan interpretasi litologi. Penelitian ini tidak mencakup penentuan debit airtanah, kualitas airtanah, produktivitas sumur, uji pemompaan, maupun evaluasi keberlanjutan pemanfaatan airtanah. Oleh karena itu, hasil penelitian digunakan sebagai informasi awal untuk mendukung pertimbangan dan kajian hidrogeologi lebih lanjut terkait pemanfaatan airtanah untuk keperluan irigasi.

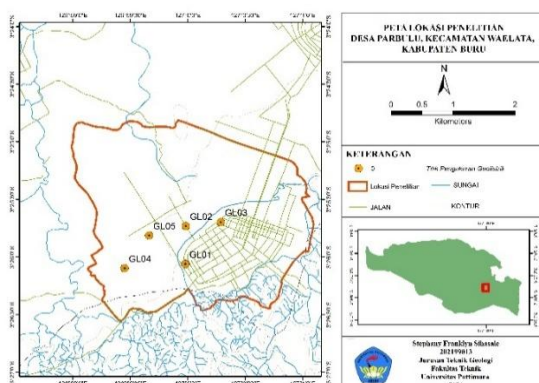
2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Parbulu, Kecamatan Waelata, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku. Daerah penelitian termasuk dalam wilayah Cekungan Airtanah (CAT) Waepo dan secara regional tersusun oleh endapan Kuarter yang menjadi salah satu faktor pengontrol kondisi hidrogeologi daerah penelitian. Pengukuran geolistrik dilakukan pada lima titik *Vertical Electrical Sounding* (VES), yaitu GL-01, GL-02, GL-03, GL-04, dan GL-05.

Penentuan lima titik *sounding* dilakukan untuk memperoleh gambaran variasi kondisi bawah permukaan pada beberapa posisi yang tersebar di daerah penelitian. Penempatan titik mempertimbangkan persebaran spasial lokasi pengukuran, kondisi geologi dan hidrogeologi regional, serta kondisi lapangan yang memungkinkan dilakukannya akuisisi data geolistrik. Persebaran titik pengukuran digunakan untuk memberikan representasi kondisi bawah permukaan pada beberapa bagian daerah penelitian, sedangkan konfigurasi VES digunakan untuk memperoleh informasi variasi resistivitas secara vertikal pada masing-masing titik. Dengan pertimbangan tersebut, lima titik *sounding* digunakan sebagai dasar interpretasi kondisi bawah permukaan dan penyusunan model bawah permukaan daerah penelitian.

Kelima titik *sounding* tersebar pada daerah penelitian dengan jarak antartitik kurang lebih 3 km. Panjang bentangan maksimum pengukuran adalah 400 m sehingga setiap titik memberikan informasi kondisi bawah permukaan secara vertikal pada area di sekitar titik pengukuran. Posisi kelima titik juga digunakan sebagai dasar dalam integrasi hasil interpretasi dan visualisasi model bawah permukaan. Persebaran lokasi penelitian dan posisi kelima titik *sounding* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Desa Parbulu, Kecamatan Waelata, Kabupaten Buru

Figure 1. Research Location Map of Parbulu Village, Waelata District, Buru Regency

Koordinat geografis dan elevasi setiap titik *sounding* digunakan sebagai parameter posisi dalam pengolahan dan pemodelan bawah permukaan. Koordinat dan elevasi masing-masing titik *sounding* disajikan pada Tabel 1.

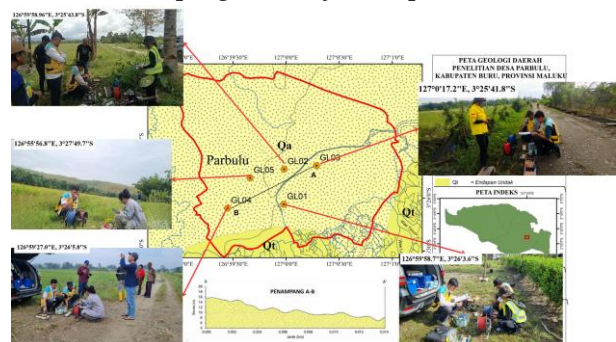
Tabel 1. Koordinat dan Elevasi Titik *Sounding*
Table 1. Coordinates and Elevation of Sounding Points

Sounding Point	Latitude (°S)	Longitude (°E)	Elevation (m)
GL-01	-3.434320	126.999640	25
GL-02	-3.428840	126.999710	27
GL-03	-3.428290	127.004780	29
GL-04	-3.434950	126.990830	22
GL-05	-3.430200	126.994372	26

2.2. Alat dan Data Penelitian

Peralatan utama yang digunakan dalam akuisisi data geolistrik adalah *Iris Syscal Junior* dengan empat elektroda yang terdiri atas elektroda arus A dan B serta elektroda potensial M dan N. Peralatan pendukung berupa kabel elektroda, perangkat dokumentasi, dan peralatan tulis. Pengolahan dan visualisasi data dilakukan menggunakan *Microsoft Excel*, *IPI2Win*, *PROGRESS Version 3.0*, *Surfer*, dan *ArcGIS*.

Data yang digunakan dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa hasil pengukuran geolistrik resistivitas 1D menggunakan konfigurasi *Schlumberger* pada lima titik *sounding*, yaitu GL-01 hingga GL-05. Data sekunder berupa peta geologi regional, data hidrogeologi dan CAT Waepo, koordinat dan elevasi titik pengukuran, serta laporan dan informasi teknis yang berkaitan dengan daerah penelitian. Lokasi pengukuran dan dokumentasi lapangan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pengukuran Geolistrik dan Dokumentasi Lapangan di Desa Parbulu

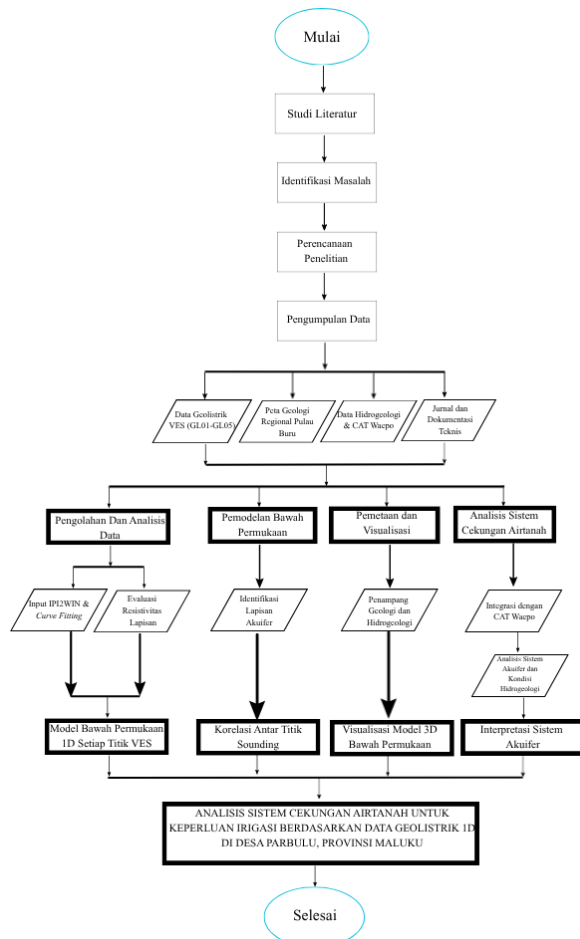
Figure 2. Geoelectric Measurement Locations and Field Documentation in Parbulu Village

2.3. Desain dan Tahapan Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif-interpretatif dengan metode geolistrik resistivitas *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger*. Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi mengenai variasi resistivitas bawah

permukaan secara vertikal pada setiap titik *sounding*. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengumpulan data, akuisisi data geolistrik, pengolahan dan inversi data, interpretasi lapisan bawah permukaan, pemodelan bawah permukaan, serta integrasi hasil interpretasi dengan kondisi geologi dan hidrogeologi (Nugraha dkk., 2021; Wijaya & Kusmiran, 2021).

Tahapan penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Figure 3. Research Flowchart

2.3.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi geologi dan hidrogeologi daerah penelitian, prinsip metode geolistrik resistivitas, karakteristik akuifer, serta hubungan antara sifat fisik material bawah permukaan dengan nilai resistivitas. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses interpretasi hasil pengukuran geolistrik.

Pengumpulan data dilakukan pada Desember 2025–Januari 2026. Data yang dikumpulkan meliputi data geolistrik 1D pada lima titik sounding, koordinat dan elevasi titik pengukuran, peta geologi regional, data hidrogeologi dan CAT Waepo, serta data pendukung lainnya.

2.3.2. Studi Literatur dan Pengumpulan Data

Akuisisi data geolistrik dilakukan menggunakan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) dengan konfigurasi *Schlumberger* pada lima titik *sounding*, yaitu GL-01 hingga GL-05. Konfigurasi *Schlumberger* menggunakan empat elektroda yang terdiri atas dua elektroda arus (A dan B) dan dua elektroda potensial (M dan N) yang ditempatkan pada satu garis lurus. Panjang lintasan pengukuran maksimum adalah 400 m, dengan bentangan masing-masing 200 m ke arah kiri dan 200 m ke arah kanan dari titik pusat pengukuran. Jarak elektroda arus A dan B diperbesar secara bertahap terhadap titik pusat pengukuran untuk memperoleh informasi perubahan resistivitas bawah permukaan terhadap kedalaman. Elektroda potensial M dan N ditempatkan di antara elektroda A dan B dan disesuaikan selama pengukuran untuk memperoleh beda potensial yang dapat terbaca dengan baik oleh alat.

Pada setiap posisi elektroda, alat mencatat nilai arus listrik (I) dan beda potensial (ΔV). Data tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) dengan mempertimbangkan faktor geometri konfigurasi *Schlumberger* (Nugraha dkk., 2021; Wijaya & Kusmiran, 2021).

Nilai resistivitas semu dihitung menggunakan persamaan:

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

dengan ρ_a adalah resistivitas semu (Ωm), K adalah faktor geometri, ΔV adalah beda potensial (V), dan I adalah arus listrik (A).

Faktor geometri konfigurasi *Schlumberger* dihitung menggunakan persamaan:

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

dengan AB merupakan jarak antara elektroda arus A dan B, sedangkan MN merupakan jarak antara elektroda potensial M dan N.

2.3.3. Pengolahan dan Inversi Data

Data hasil pengukuran diolah menggunakan *IP12Win* untuk memperoleh hubungan antara jarak elektroda dan nilai resistivitas semu (Nugraha dkk., 2021). Pengolahan dilakukan melalui proses *curve fitting* untuk mendapatkan model lapisan bawah permukaan berdasarkan data pengukuran.

Selanjutnya, data diolah menggunakan *PROGRESS Version 3.0* untuk melakukan inversi dan memperoleh model resistivitas bawah permukaan. Parameter hasil inversi berupa nilai resistivitas, ketebalan, dan

kedalaman setiap lapisan digunakan pada tahap interpretasi.

2.3.4. Interpretasi Data

Interpretasi dilakukan dengan menghubungkan parameter hasil inversi dengan karakteristik resistivitas material penyusun bawah permukaan serta informasi geologi dan hidrogeologi daerah penelitian. Interpretasi tersebut digunakan untuk menentukan kemungkinan litologi penyusun setiap lapisan dan mengidentifikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai akuifer maupun lapisan pembatas.

2.3.5. Pemodelan Bawah Permukaan

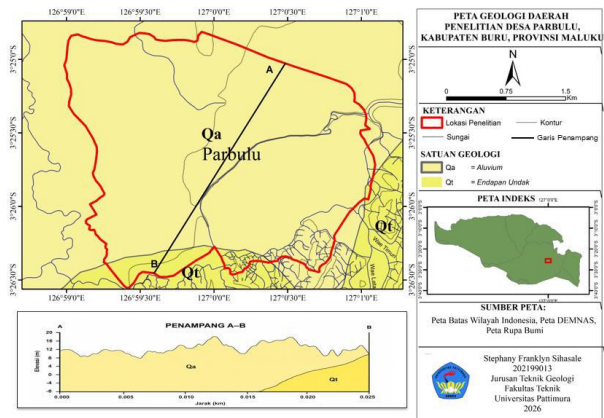
Pemodelan bawah permukaan dilakukan berdasarkan hasil interpretasi masing-masing titik *sounding* dengan mempertimbangkan posisi, elevasi, kedalaman, ketebalan, dan interpretasi litologi setiap lapisan. Pemodelan digunakan untuk memvisualisasikan kondisi bawah permukaan berdasarkan hasil interpretasi geolistrik pada daerah penelitian. Model bawah permukaan digunakan sebagai pendukung dalam memahami karakteristik susunan lapisan dan sistem hidrogeologi daerah penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Geologi dan Hidrogeologi Regional

Berdasarkan peta geologi regional, daerah penelitian tersusun terutama oleh Alluvium (Qa) dan Endapan Undak (Qt). Alluvium berkembang pada dataran rendah dan tersusun atas material lepas berupa pasir, kerikil, lanau, dan lempung hasil proses fluvial. Endapan Undak merupakan endapan sungai yang lebih tua dan relatif lebih terkonsolidasi. Kondisi tersebut menunjukkan adanya variasi material berbutir kasar dan halus yang menjadi dasar dalam memahami susunan bawah permukaan dan sistem airtanah di daerah penelitian (Kusnama dkk., 1994). Peta geologi regional daerah penelitian tersaji pada Gambar 4.

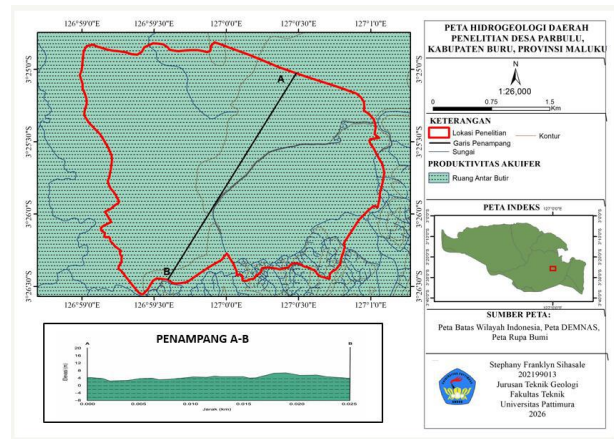
Peta hidrogeologi regional menunjukkan daerah penelitian berada pada wilayah dengan produktivitas akuifer yang berkaitan dengan endapan aluvial. Secara regional, konteks ini mendukung interpretasi sistem akuifer antarbutir, tetapi karakter lokal akuifer tetap ditentukan oleh susunan lapisan bawah permukaan yang diidentifikasi melalui VES (Sukrisno dkk., 1993; Fetter, 2001). Peta hidrogeologi regional daerah penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Peta Geologi Regional dan Penampang Melintang A–B Daerah Penelitian Parbulu

Figure 4. Regional Geological Map and A–B Cross Section of the Parbulu Research Area

Sumber/ Source: Digitized from Tjokrosapoerto dkk. (1993)



Gambar 5. Peta Hidrogeologi Regional dan Penampang Melintang A–B Area Penelitian Parbulu

Figure 5. Regional Hydrogeological Map and A–B Cross Section of the Parbulu Research Area

Sumber/ Source: Digitized from Sukrisno dkk. (1993)

3.2. Interpretasi Geolistrik 1D

Data mentah hasil akuisisi geolistrik merupakan bagian dari arsip pengukuran Balai Airtanah. Dalam penelitian ini, data yang disajikan dalam naskah berupa data hasil pengolahan dan inversi yang digunakan sebagai dasar interpretasi kondisi bawah permukaan. Data mentah hasil akuisisi tidak disajikan secara keseluruhan karena merupakan bagian dari arsip data pengukuran instansi terkait.

Tabel 2. Hasil Pengolahan dan Interpretasi Geolistrik 1D pada Titik GL-01–GL-05

Table 2. Results of 1D Geoelectrical Processing and Interpretation at Sounding Points GL-01–GL-05

Sounding Point	Depth (m)	Thickness (m)	Resistivity (Ωm)	Lithology	Hydrogeological Unit
GL-01	0-1,12	1,12	2.774	Topsoil	-
GL-01	1,12-2,30	1,18	44,7	Sandy Clay	Aquitard
GL-01	2,30-4,34	2,04	901	Dry Gravel	Aquiclude

Sounding Point	Depth (m)	Thickness (m)	Resistivity (Ωm)	Lithology	Hydrogeological Unit
GL-01	4,34-6,10	1,78	114	Sand	Aquifer
GL-01	6,10-10,20	4,10	25,4	Clay	Aquiclude
GL-01	10,20-13,20	3,00	186	Sandy	Aquifer
GL-01	13,20-20,80	7,60	345	Gravel	Aquifer
GL-01	20,80-25,90	5,10	50	Clay	Aquiclude
GL-01	25,90-41	15,10	23,4	Clay	Aquiclude
GL-01	41-63	22,00	259	Gravel	Aquifer
GL-01	63-84,40	21,40	192	Sand	Aquifer
GL-01	84,40-85	0,60	20,9	Clay	Aquiclude
GL-02	0-0,856	0,856	8.969	Topsoil	-
GL-02	0,856-1,34	0,484	32,8	Clay	Aquiclude
GL-02	1,34-4,10	2,85	370	Gravel	Aquifer
GL-02	4,10-7,33	3,14	29,1	Clay	Aquiclude
GL-02	7,33-9,22	1,89	185	Sand	Aquifer
GL-02	9,22-15,60	6,38	533	Gravel	Aquifer
GL-02	15,60-19,70	4,10	170	Sand	Aquifer
GL-02	19,70-40,40	20,70	19,9	Clay	Aquiclude
GL-02	40,40-76	35,60	298	Gravel	Aquifer
GL-02	76-87,40	11,40	115	Sand	Aquifer
GL-02	87,40-106	18,6	34,8	Clay	Aquiclude
GL-03	0-1,40	1,40	954	Topsoil	-
GL-03	1,40-2,74	1,34	60,2	Clay	Aquitard
GL-03	2,74-6,78	4,04	811	Dry Gravel	Aquiclude
GL-03	6,78-11	4,22	56,8	Clay	Aquiclude
GL-03	11-13,80	2,80	195	Sand	Aquifer
GL-03	13,80-21,50	7,70	582	Gravel	Aquifer
GL-03	21,50-26	4,50	106	Sand	Aquifer
GL-03	26-40,90	14,90	49,3	Clay	Aquiclude
GL-03	40,90-72,40	31,50	424	Gravel	Aquifer
GL-03	72,40-84,20	11,80	224	Sand	Aquifer
GL-03	84,20-106	21,80	25,1	Clay	Aquiclude
GL-04	0-1,37	1,37	157	Topsoil	-
GL-04	1,37-2,83	1,46	760	Dry Gravel	Aquiclude
GL-04	2,83-5,56	2,73	7,98	Clay	Aquiclude
GL-04	5,56-15,70	10,14	229	Sand	Aquifer
GL-04	15,70-16,70	1	24,6	Sand	Aquifer
GL-04	16,70-43,60	26,90	10,2	Clay	Aquiclude
GL-04	43,60-47,30	3,70	66,7	Sand	Aquifer
GL-04	47,30-64,60	17,30	326	Gravel	Aquifer
GL-04	64,60-89,90	25,30	191	Sand	Aquifer
GL-04	89,90-107	17,10	45,3	Clay	Aquitard
GL-05	0-0,77	0,77	158,77	Topsoil	-
GL-05	0,77-1,39	0,62	162,87	Gravel	Aquifer
GL-05	1,39-2,32	0,93	7,07	Sand	Aquifer
GL-05	2,32-2,69	0,37	61,68	Sand	Aquifer
GL-05	2,69-18,58	15,89	3,57	Clay	Aquiclude
GL-05	18,58-54,65	36,07	1,08	Clay	Aquiclude
GL-05	54,65-71,38	16,73	53,57	Sand	Aquifer
GL-05	71,38-81,30	9,92	265,27	Gravel	Aquifer
GL-05	81,30-97,64	16,34	155,75	Sand	Aquifer
GL-05	97,64-127	29,36	36,56	Clay	Aquiclude

Sumber: Data Pengukuran Geolistrik Balai Airtanah, Diolah dan Diinterpretasikan oleh Penulis.

Kualitas hasil inversi data geolistrik dievaluasi berdasarkan nilai *root mean square* (RMS) *error* yang menunjukkan tingkat kesesuaian antara data resistivitas hasil pengukuran dan respons model hasil inversi. Semakin kecil nilai RMS *error*, semakin kecil perbedaan antara data hasil pengukuran dan model hasil inversi. Penggunaan RMS *error* kurang dari 10% sebagai kriteria evaluasi telah diterapkan pada beberapa penelitian geolistrik menggunakan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES), termasuk penelitian dengan konfigurasi *Schlumberger* untuk karakterisasi kondisi bawah permukaan (Adagunodo *et al.*, 2023).

Hasil inversi pada titik GL-01, GL-02, GL-03, GL-04, dan GL-05 masing-masing menghasilkan RMS *error* sebesar 3,75%, 2,97%, 3,70%, 8,32%, dan 7,9950%. Seluruh nilai tersebut berada di bawah 10%, sehingga hasil inversi kelima titik dapat digunakan sebagai dasar interpretasi kondisi bawah permukaan. Namun, GL-04 dan GL-05 memiliki nilai RMS *error* relatif lebih besar

dibandingkan GL-01, GL-02, dan GL-03, sehingga interpretasi pada kedua titik tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan nilai resistivitas, kedalaman, ketebalan, serta kondisi geologi dan hidrogeologi regional.

Khusus pada GL-05, hasil inversi awal menggunakan IPI2WIN menghasilkan RMS *error* sebesar 13,70%. Data tersebut kemudian diolah kembali menggunakan perangkat lunak PROGRESS v3.0, sehingga diperoleh RMS *error* sebesar 7,9950%. Hasil inversi menggunakan PROGRESS v3.0 selanjutnya digunakan dalam interpretasi karena menghasilkan tingkat kesesuaian yang lebih baik terhadap data pengukuran. Meskipun demikian, nilai RMS *error* tidak secara langsung menunjukkan ketepatan interpretasi litologi, sehingga hasil inversi tetap perlu ditafsirkan dengan mempertimbangkan kondisi geologi dan hidrogeologi daerah penelitian serta keterbatasan metode VES.

Hasil pengolahan dan inversi data *Vertical Electrical Sounding* (VES) pada lima titik *sounding*, yaitu GL-01 hingga GL-05, menunjukkan variasi nilai resistivitas bawah permukaan sebesar 1,08–8.969 Ωm . Variasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan karakter material penyusun bawah permukaan, mulai dari material berbutir halus hingga material berbutir relatif kasar. Nilai resistivitas rendah, khususnya pada material lempung dan lempung pasir, diinterpretasikan berkaitan dengan material berpermeabilitas relatif rendah yang dapat berperan sebagai lapisan pembatas. Sebaliknya, pasir, kerikil, dan material pasir pada interval tertentu memiliki karakter yang relatif lebih permeabel sehingga diinterpretasikan sebagai indikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah. Nilai resistivitas tidak digunakan sebagai indikator tunggal keberadaan airtanah, tetapi diinterpretasikan bersama kedalaman, ketebalan, karakter litologi, serta kondisi geologi dan hidrogeologi daerah penelitian (Fetter, 2001; Verhoef, 1994).

Nilai resistivitas tertinggi sebesar 8.969 Ωm dijumpai pada GL-02 dan diinterpretasikan sebagai tanah penutup, sedangkan nilai terendah sebesar 1,08 Ωm dijumpai pada GL-05 dan diinterpretasikan sebagai lempung. Kedua nilai tersebut menunjukkan rentang kontras resistivitas yang cukup besar dalam hasil pengukuran. Material dengan resistivitas rendah pada beberapa titik umumnya berkaitan dengan lapisan lempung yang berperan sebagai lapisan pembatas, sedangkan interval dengan material berbutir relatif kasar menunjukkan nilai resistivitas yang lebih tinggi dan dipertimbangkan sebagai indikasi lapisan pembawa airtanah.

Pada GL-01, indikasi lapisan pembawa airtanah dijumpai pada interval pasir 4,34–6,10 m dengan resistivitas 114 Ω m, material pasiran 10,20–13,20 m dengan resistivitas 186 Ω m, serta kerikil 13,20–20,80 m dengan resistivitas 345 Ω m. Pada kedalaman yang lebih besar, material kerikil pada 41,00–63,00 m dengan resistivitas 259 Ω m dan pasir pada 63,00–84,40 m dengan resistivitas 192 Ω m juga menunjukkan karakter material relatif kasar. Keberadaan interval berbutir kasar pada kedalaman berbeda menunjukkan susunan bawah permukaan yang berselang-seling dengan material berbutir halus.

GL-02 menunjukkan interval material permeabel mulai dari kedalaman dangkal hingga kedalaman yang lebih besar. Kerikil pada kedalaman 1,34–4,10 m memiliki resistivitas 370 Ω m, pasir pada 7,33–9,22 m sebesar 185 Ω m, kerikil pada 9,22–15,60 m sebesar 533 Ω m, dan pasir pada 15,60–19,70 m sebesar 170 Ω m. Pada kedalaman 40,40–76,00 m kembali dijumpai kerikil dengan resistivitas 298 Ω m dan pada 76,00–87,40 m terdapat pasir dengan resistivitas 115 Ω m. Interval material kasar tersebut dipisahkan oleh lapisan lempung, sehingga menunjukkan susunan lapisan permeabel dan lapisan pembatas secara vertikal.

Pada GL-03, lapisan pasir pada kedalaman 11,00–13,80 m memiliki resistivitas 195 Ω m, diikuti kerikil pada 13,80–21,50 m dengan resistivitas 582 Ω m dan pasir pada 21,50–26,00 m dengan resistivitas 106 Ω m. Pada kedalaman yang lebih besar, kerikil pada 40,90–72,40 m memiliki resistivitas 424 Ω m dan pasir pada 72,40–84,20 m sebesar 224 Ω m. Susunan tersebut menunjukkan bahwa material berbutir relatif kasar terdapat pada beberapa interval kedalaman dan dipisahkan oleh material berbutir lebih halus.

GL-04 menunjukkan interval pasir pada kedalaman 5,56–15,70 m dengan resistivitas 229 Ω m dan ketebalan 10,14 m. Interval tersebut merupakan salah satu interval material permeabel yang cukup tebal dibandingkan interval pasir dangkal pada titik lainnya. Pada kedalaman lebih besar juga dijumpai pasir pada 43,60–47,30 m dengan resistivitas 66,70 Ω m, kerikil pada 47,30–64,60 m dengan resistivitas 326 Ω m, serta pasir pada 64,60–89,90 m dengan resistivitas 191 Ω m. Dengan demikian, GL-04 memperlihatkan beberapa interval material relatif kasar pada kedalaman berbeda yang dipisahkan oleh lapisan berbutir halus.

GL-05 menunjukkan karakter yang berbeda dibandingkan titik lainnya karena dijumpai lapisan lempung yang relatif tebal pada kedalaman 2,69–54,65 m. Lapisan tersebut terdiri atas interval 2,69–18,58 m dengan resistivitas 3,57 Ω m dan interval 18,58–54,65 m dengan resistivitas 1,08 Ω m. Di atas dan di bawah lapisan tersebut masih dijumpai material yang

diinterpretasikan sebagai lapisan pembawa airtanah, yaitu kerikil 0,77–1,39 m dengan resistivitas 162,87 Ω m, pasir 1,39–2,32 m dengan resistivitas 7,07 Ω m, pasir 2,32–2,69 m dengan resistivitas 61,68 Ω m, pasir 54,65–71,38 m dengan resistivitas 53,57 Ω m, kerikil 71,38–81,30 m dengan resistivitas 265,27 Ω m, dan pasir 81,30–97,64 m dengan resistivitas 155,75 Ω m. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberadaan material permeabel pada GL-05 tidak selalu disertai interval tebal, terutama pada bagian dangkal yang berdekatan dengan lapisan lempung.

Secara keseluruhan, perbedaan antar titik menunjukkan variasi vertikal karakter bawah permukaan di daerah penelitian. GL-01, GL-02, GL-03, dan GL-04 memperlihatkan beberapa interval material pasir dan kerikil pada kedalaman yang berbeda, sedangkan GL-05 dicirikan oleh interval lempung yang lebih tebal pada bagian tengah penampang *sounding*. Variasi tersebut menunjukkan bahwa susunan material permeabel dan lapisan pembatas tidak seragam secara vertikal pada seluruh titik pengukuran. Oleh karena itu, keberadaan material dengan karakter resistivitas tertentu pada satu titik tidak secara langsung menunjukkan bahwa interval yang sama menerus secara lateral hingga titik lainnya.

Hasil inversi menunjukkan nilai error sebesar 3,75% pada GL-01, 2,97% pada GL-02, 3,70% pada GL-03, 8,32% pada GL-04, dan 7,9950% pada GL-05. Nilai tersebut digunakan sebagai indikator tingkat kesesuaian model hasil inversi terhadap data pengukuran. Nilai *error* yang lebih besar pada GL-04 dan GL-05 menunjukkan bahwa interpretasi pada kedua titik tersebut perlu mempertimbangkan ketidakpastian model secara lebih hati-hati. Khusus GL-05, hasil inversi akhir diperoleh setelah evaluasi menggunakan PROGRESS Version 3.0. Dengan demikian, interpretasi litologi dan unit hidrogeologi tetap didasarkan pada kombinasi hasil inversi, karakter resistivitas, kedalaman, ketebalan, serta konteks geologi dan hidrogeologi regional, bukan semata-mata berdasarkan nilai *error* inversi.

Berdasarkan hasil tersebut, lapisan yang diinterpretasikan sebagai akuifer dalam penelitian ini merujuk pada interval material yang relatif permeabel, terutama pasir, kerikil, dan material pasiran. Lapisan lempung dan lempung pasiran diinterpretasikan sebagai akuitard atau akuiklud sesuai karakter dan posisi lapisannya. Klasifikasi tersebut merupakan hasil interpretasi hidrogeologi berdasarkan data VES dan karakter litologi, sehingga menunjukkan indikasi kondisi bawah permukaan dan belum menjadi bukti langsung mengenai kejenuhan, debit, maupun produktivitas airtanah.

Berdasarkan perbandingan hasil interpretasi pada GL-01 hingga GL-05, kondisi bawah permukaan daerah penelitian menunjukkan variasi kedalaman, ketebalan, dan resistivitas lapisan yang diinterpretasikan sebagai material permeabel maupun material berpermeabilitas rendah. Pada GL-01, indikasi lapisan pembawa airtanah dijumpai pada kedalaman 4,34–6,10 m dengan ketebalan 1,78 m, 10,20–20,80 m dengan ketebalan kumulatif 10,60 m, serta pada kedalaman 41,00–84,40 m yang tersusun atas kerikil dan pasir. GL-02 menunjukkan interval material permeabel mulai sekitar kedalaman 1,34 m dan kembali dijumpai pada kedalaman 40,40–87,40 m. Pada GL-03, interval permeabel dijumpai mulai kedalaman 11,00 m dan kembali berkembang pada kedalaman 40,90–84,20 m. GL-04 memperlihatkan interval pasir pada kedalaman 5,56–15,70 m dengan ketebalan 10,14 m, yang merupakan salah satu interval pasir paling tebal pada kedalaman relatif dangkal di antara titik pengukuran. Sementara itu, GL-05 menunjukkan interval material permeabel pada kedalaman dangkal 0,77–2,69 m dan kembali pada kedalaman 54,65–97,64 m, yang dipisahkan oleh lapisan lempung dengan ketebalan relatif besar.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa indikasi lapisan pembawa airtanah tidak tersebar pada kedalaman yang seragam di seluruh titik pengukuran. Material berbutir relatif kasar seperti pasir dan kerikil umumnya memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi dibandingkan lapisan lempung yang memiliki resistivitas rendah, meskipun nilai resistivitas juga dipengaruhi oleh kondisi kejenuhan, porositas, kandungan air, dan sifat material penyusun. Oleh karena itu, interval dengan resistivitas yang sesuai dan interpretasi litologi berupa pasir atau kerikil digunakan sebagai indikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah, sedangkan lapisan lempung diinterpretasikan sebagai lapisan pembatas. Variasi tersebut memperlihatkan heterogenitas vertikal kondisi bawah permukaan di daerah penelitian, sehingga hasil VES lebih tepat digunakan sebagai informasi awal untuk menentukan interval yang memerlukan verifikasi hidrogeologi lebih lanjut.

3.3. Sistem Cekungan Airtanah

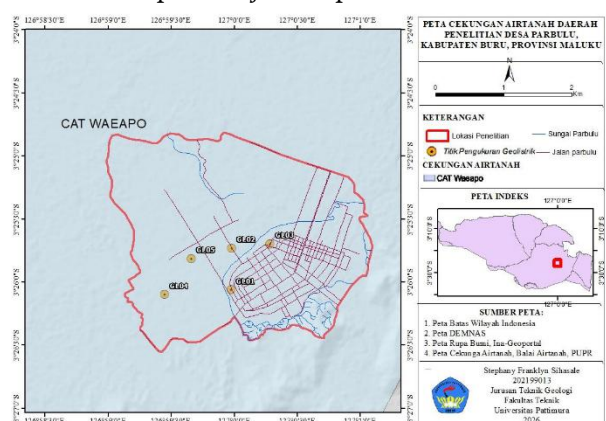
Berdasarkan kondisi hidrogeologi regional, Desa Parbulu merupakan bagian dari Cekungan Airtanah (CAT) Waepo. Daerah penelitian tersusun oleh endapan Kuarter yang berkembang pada lingkungan aluvial. Kondisi geologi tersebut mendukung keberadaan material penyusun berupa pasir dan kerikil yang memiliki ruang antarbutir sehingga memungkinkan penyimpanan dan pergerakan airtanah, sedangkan material berbutir halus seperti

lempung umumnya memiliki permeabilitas relatif lebih rendah dan dapat berperan sebagai lapisan pembatas (Geulis dkk., 2023).

Hasil interpretasi data VES pada lima titik *sounding* menunjukkan adanya variasi litologi dan karakteristik resistivitas terhadap kedalaman. Lapisan yang diinterpretasikan sebagai material relatif permeabel, terutama pasir dan kerikil, menunjukkan indikasi lapisan yang dapat berperan sebagai pembawa airtanah. Sementara itu, lapisan yang didominasi material berbutir halus, terutama lempung, diinterpretasikan sebagai lapisan dengan permeabilitas relatif rendah yang dapat berperan sebagai lapisan pembatas. Penentuan indikasi unit hidrogeologi tersebut didasarkan pada hasil inversi resistivitas yang diintegrasikan dengan kondisi geologi dan hidrogeologi regional.

Secara regional, kedudukan Desa Parbulu dalam CAT Waepo menunjukkan bahwa daerah penelitian merupakan bagian dari sistem airtanah regional. Proses *recharge* dan *discharge* dalam suatu cekungan airtanah dapat dipengaruhi oleh kondisi topografi, litologi, infiltrasi, dan hubungan airtanah dengan badan air permukaan. Namun, penelitian ini tidak melakukan penentuan zona *recharge* dan *discharge* secara spesifik karena data yang digunakan berupa VES 1D yang berfokus pada karakteristik vertikal resistivitas bawah permukaan. Oleh karena itu, informasi mengenai mekanisme dan arah aliran airtanah tidak ditentukan secara langsung dalam penelitian ini dan memerlukan data hidrogeologi tambahan untuk verifikasi (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017; Bahri dkk., 2023).

Kedudukan daerah penelitian dalam Cekungan Airtanah Waepo ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Cekungan Air Tanah Kawasan Penelitian Parbulu

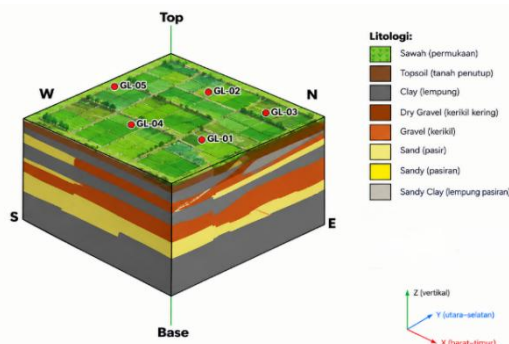
Figure 6. Groundwater Basin Map of the Parbulu Research Area

Sumber / Source: Spatial data from the Administrative Boundary Map of Indonesia, DEMNAS, Indonesian

Topographic Map (RBI), and Groundwater Basin Map from the Groundwater Center, PUPR, combined with sounding-point data from this study and processed using ArcGIS by the author.

3.4. Model Tiga Dimensi Litologi Bawah Permukaan

Model tiga dimensi litologi bawah permukaan disusun berdasarkan hasil interpretasi data *Vertical Electrical Sounding* (VES) pada lima titik *sounding*, yaitu GL-01, GL-02, GL-03, GL-04, dan GL-05. Posisi kelima titik pengukuran tersebut ditampilkan pada permukaan model tiga dimensi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Pemodelan mempertimbangkan posisi geografis, elevasi, kedalaman, ketebalan, dan hasil interpretasi litologi pada masing-masing titik *sounding* (Muzakki dkk., 2021; Kammarudin dkk., 2024).



Gambar 7. Model Litologi Tiga Dimensi Bawah Permukaan di Area Penelitian

Figure 7. Three-Dimensional Lithological Model of the Subsurface in the Research Area

Gambar 7 menunjukkan model tiga dimensi dengan orientasi arah utara (N), selatan (S), timur (E), dan barat (W), serta bagian *Top* dan *Base* yang menunjukkan batas atas dan bawah model. Variasi warna pada model merepresentasikan jenis material hasil interpretasi, yang pada legenda terdiri atas *topsoil*, *dry gravel*, *sand*, *sandy*, *gravel*, dan *clay*. Dengan demikian, gambar tersebut memberikan visualisasi spasial mengenai variasi material bawah permukaan berdasarkan hasil interpretasi data VES.

Berdasarkan Gambar 7, material yang diinterpretasikan sebagai *sand*, *gravel*, dan *dry gravel* menunjukkan material berbutir relatif kasar yang secara hidrogeologi lebih memungkinkan untuk menyimpan dan mengalirkan airtanah. Sebaliknya, material seperti *clay* memiliki karakteristik permeabilitas yang relatif rendah sehingga dapat berperan sebagai lapisan pembatas. Interpretasi tersebut digunakan untuk mendukung penentuan karakteristik sistem hidrogeologi pada daerah penelitian.

Posisi GL-01 hingga GL-05 pada Gambar 7 menunjukkan lokasi data VES yang menjadi dasar penyusunan model. Karena model dibangun dari lima titik VES 1D, bagian model di antara titik pengukuran merupakan hasil interpolasi sehingga interpretasinya memiliki tingkat kepastian yang lebih rendah dibandingkan pada lokasi titik *sounding*. Oleh karena itu, model tiga dimensi digunakan sebagai visualisasi interpretatif kondisi bawah permukaan, bukan sebagai bukti langsung mengenai kesinambungan lapisan secara lateral.

3.5. Studi Pemandangan

Hasil penelitian dibandingkan dengan penelitian terdahulu untuk mengetahui kesesuaian karakteristik lapisan bawah permukaan dan penerapan metode VES dalam investigasi airtanah. Nugraha dkk. (2021) menunjukkan bahwa konfigurasi *Schlumberger* pada metode VES dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan yang berkaitan dengan sistem akuifer, termasuk lapisan lempung dan pasir aluvial. Pendekatan tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian di Desa Parbulu karena interpretasi nilai resistivitas juga dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik litologi untuk menentukan lapisan yang berpotensi berperan sebagai akuifer maupun lapisan pembatas.

Nainggolan dkk. (2024) menunjukkan bahwa metode VES dapat digunakan untuk memperkirakan kedalaman akuifer berdasarkan variasi nilai resistivitas dan interpretasi litologi. Hasil tersebut mendukung penggunaan parameter resistivitas, kedalaman, dan ketebalan lapisan dalam interpretasi kondisi bawah permukaan di Desa Parbulu. Meskipun demikian, perbedaan kondisi geologi setempat menyebabkan karakteristik resistivitas dan kedalaman lapisan akuifer pada kedua daerah tidak dapat dibandingkan secara langsung berdasarkan nilai resistivitas saja.

Jaya dkk. (2024) menunjukkan penerapan metode geolistrik dalam mendukung penyediaan airtanah untuk kebutuhan pertanian di Desa Haruru, Maluku Tengah. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil investigasi geolistrik dapat digunakan sebagai informasi awal untuk menentukan target pengembangan sumber airtanah dan mendukung kegiatan pertanian. Hasil penelitian di Desa Parbulu memiliki implikasi serupa dalam memberikan informasi kondisi bawah permukaan yang dapat menjadi dasar awal pertimbangan pemanfaatan airtanah untuk irigasi, tetapi penelitian ini lebih menekankan karakterisasi lapisan bawah permukaan dan sistem hidrogeologi berdasarkan lima titik VES.

Sadewo dkk. (2025) menggunakan metode VES konfigurasi *Schlumberger* untuk menganalisis

karakteristik akuifer berdasarkan variasi resistivitas dan susunan lapisan bawah permukaan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa interpretasi VES dapat digunakan untuk mengenali lapisan yang berpotensi sebagai akuifer dan memahami kondisi hidrogeologi berdasarkan hubungan antara resistivitas dan karakteristik material bawah permukaan. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian di Desa Parbulu, yaitu lapisan pasir dan kerikil diinterpretasikan sebagai material yang relatif permeabel dan berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah, sedangkan lempung dan batulempung diinterpretasikan sebagai lapisan pembatas. Perbedaannya terletak pada kondisi geologi dan lingkungan hidrogeologi daerah penelitian, sehingga hasil interpretasi masing-masing wilayah tetap perlu disesuaikan dengan kondisi geologi setempat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperkuat temuan penelitian terdahulu bahwa metode VES konfigurasi *Schlumberger* dapat digunakan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik lapisan bawah permukaan yang berkaitan dengan sistem akuifer. Penelitian ini memberikan tambahan informasi pada skala lokal di Desa Parbulu, khususnya mengenai variasi resistivitas, kedalaman, ketebalan, litologi, dan unit hidrogeologi yang diinterpretasikan dari lima titik *sounding*. Dengan demikian, penelitian ini mengisi keterbatasan informasi mengenai kondisi bawah permukaan Desa Parbulu sebagai bagian dari CAT Waepo dan memberikan dasar awal bagi investigasi hidrogeologi lanjutan serta pertimbangan pemanfaatan airtanah untuk keperluan irigasi.

3.6. Dampak dan Implikasi Penelitian

Hasil penelitian memberikan informasi awal mengenai kondisi bawah permukaan dan karakteristik sistem akuifer di Desa Parbulu berdasarkan integrasi data VES, kondisi geologi, dan hidrogeologi regional. Informasi mengenai lapisan yang memiliki karakteristik relatif permeabel dapat digunakan sebagai dasar awal dalam menentukan target investigasi hidrogeologi lanjutan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki manfaat praktis dalam mendukung perencanaan awal pemanfaatan airtanah untuk kebutuhan irigasi.

Meskipun demikian, pemanfaatan hasil penelitian untuk pengembangan sumber airtanah tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan interpretasi resistivitas. Penentuan lokasi dan kapasitas pengambilan airtanah perlu didukung oleh data pemboran, kedalaman muka airtanah, uji pemompaan, debit sumur, serta kualitas airtanah. Penelitian lanjutan dengan integrasi data tersebut diperlukan untuk meningkatkan tingkat keyakinan dalam menentukan kelayakan pengembangan airtanah untuk irigasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi data *Vertical Electrical Sounding* (VES) konfigurasi *Schlumberger* pada lima titik pengukuran di Desa Parbulu, dapat disimpulkan bahwa kondisi bawah permukaan menunjukkan variasi nilai resistivitas, litologi, kedalaman, dan ketebalan lapisan. Nilai resistivitas hasil inversi berkisar antara 1,08–8.969 Ω m. Nilai resistivitas rendah umumnya diinterpretasikan sebagai material lempung yang berperan sebagai lapisan pembatas, sedangkan interval dengan material pasir dan kerikil serta nilai resistivitas yang sesuai diinterpretasikan sebagai indikasi lapisan yang berpotensi berperan sebagai pembawa airtanah.

Pada GL-01, indikasi lapisan pembawa airtanah dijumpai pada interval 4,34–6,10 m, 10,20–20,80 m, dan 41,00–84,40 m. GL-02 menunjukkan interval pembawa airtanah pada kedalaman 1,34–4,10 m, 7,33–19,70 m, dan 40,40–87,40 m. Pada GL-03, interval tersebut dijumpai pada kedalaman 11,00–26,00 m dan 40,90–84,20 m. GL-04 menunjukkan interval pasir pada kedalaman 5,56–15,70 m dengan ketebalan 10,14 m serta interval material permeabel lainnya pada kedalaman yang lebih besar. Sementara itu, GL-05 menunjukkan interval material permeabel pada kedalaman 0,77–2,69 m dan 54,65–97,64 m yang dipisahkan oleh lapisan lempung dengan ketebalan relatif besar. Variasi tersebut menunjukkan bahwa kedalaman dan ketebalan interval yang diinterpretasikan sebagai pembawa airtanah tidak seragam pada seluruh titik pengukuran.

Model tiga dimensi bawah permukaan yang disusun berdasarkan lima titik VES memberikan visualisasi spasial mengenai variasi susunan litologi dan resistivitas di daerah penelitian. Model tersebut merupakan hasil interpolasi dari data VES 1D sehingga tingkat keyakinan interpretasi paling tinggi berada di sekitar titik pengukuran. Model 3D tidak digunakan sebagai bukti langsung mengenai kesinambungan lateral lapisan di antara titik *sounding*, melainkan sebagai visualisasi interpretatif kondisi bawah permukaan berdasarkan data yang tersedia.

Hasil penelitian menunjukkan kesesuaian secara umum dengan studi pembandingan yang menggunakan metode geolistrik untuk mengidentifikasi variasi material bawah permukaan dan indikasi lapisan pembawa airtanah. Namun, perbedaan nilai resistivitas, kedalaman, dan ketebalan lapisan menunjukkan bahwa karakteristik bawah permukaan bersifat lokal dan dipengaruhi oleh kondisi geologi serta hidrogeologi masing-masing daerah. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memberikan informasi awal mengenai interval bawah permukaan yang dapat

dipertimbangkan untuk kajian hidrogeologi lebih lanjut.

Hasil interpretasi VES dalam penelitian ini belum dapat digunakan untuk menentukan debit, kualitas, produktivitas, maupun keberlanjutan pemanfaatan airtanah untuk irigasi. Penentuan kelayakan pemanfaatan airtanah untuk keperluan irigasi memerlukan data tambahan berupa muka airtanah, debit, uji pemompaan, kualitas airtanah, serta verifikasi kondisi lapangan. Dengan demikian, hasil penelitian berfungsi sebagai informasi awal untuk mendukung penentuan lokasi dan interval yang memerlukan investigasi hidrogeologi lebih lanjut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Airtanah dan Balai Wilayah Sungai Maluku atas dukungan data dan informasi yang mendukung pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam kegiatan pengukuran lapangan, pengolahan data, dan penyusunan artikel ini.

6. REFERENSI

- Al Rafly, T., Refrizon, R., Hadi, A. I., Ansory, A. R. A., & Raihana, H. (2024). Identification of aquifers based on the Vertical Electrical Sounding (VES) method *Schlumberger* configuration: Case study: Pulau Baai Kampung Melayu Sub-district, Bengkulu City, Indonesia. *Indonesian Physical Review*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.29303/ipr.v8i1.333>
- Anda, S. T., Firmanda, N., Fadhli, Z., & Syukri, M. (2023). Aplikasi metode Vertical Electrical Sounding untuk pendugaan kedalaman dan ketebalan lapisan akuifer di Kota Langsa. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 151–162. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i1.819>
- Bahri, S., Aponno, S. V., & Zulfiah, Z. (2022). Global optimization very fast simulated annealing inversion for the interpretation of groundwater potential. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 8(3), 225–236. <https://doi.org/10.23960/jge.v8i3.233>
- Dzakiya, N., Zakaria, M. F., Setiawan, D. G. E., & Laksmana, R. B. (2021). Study of groundwater types using the Vertical Electrical Sounding (VES) method in the “Martani Field” Ngemplak District of Yogyakarta. *Journal of Applied Geospatial Information*, 5(1), 457–461. <https://doi.org/10.30871/jagi.v5i1.2703>
- Jaya, G. W., Bahri, S., Zulfiah, Z., Ramadhan, A., Nggolaon, D., & Silahoy, S. (2024). Upaya penyediaan air tanah bagi kelompok tani menggunakan metode geolistrik dan pembuatan sumur bor di Desa Haruru, Maluku Tengah. *LOSARI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(2), 266–275. <https://doi.org/10.53860/losari.v6i2.408>
- Kammarudin, K., Wahyudi, W., Lewerissa, R., Baina, A., & Erari, I. (2024). Groundwater resource estimation using Vertical Electrical Sounding and resistivity tomography in West Manokwari, West Papua, Indonesia. *Indonesian Physical Review*, 7(3), 361–378. <https://doi.org/10.29303/ipr.v7i3.340>
- Koesuma, S., & Aldi. (2022). Identification of groundwater depth in the Northern Sukoharjo Regency using Vertical Electrical Sounding (VES) method to overcome agricultural irrigation drought. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1), 012079. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012079>
- Muzakki, Y., Lestari, W., & Fajar, M. H. M. (2021). Pemodelan akuifer air tanah menggunakan geolistrik resistivitas Vertical Electrical Sounding (VES) di Kabupaten Sorong, Provinsi Papua Barat. *Jurnal Geosaintek*, 7(3), 111–118. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v7i3.8789>
- Nugraha, G. U., CSSSA, B. Y., Nur, A. A., Pranantya, P. A., Handayani, L., Lubis, R. F., & Bakti, H. (2021). Vertical Electrical Sounding exploration of groundwater in Kertajati, Majalengka, West Java, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 8(3), 359–369. <https://doi.org/10.17014/ijog.8.3.359-369>
- Puspita, M. B., Zakaria, M. F., & Mutoriz, I. (2025). Konservasi recharge area di Kapanewon Jetis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta melalui pemetaan akuifer menggunakan metode Vertical Electrical Sounding (VES). *Jurnal Geosaintek*, 11(2), 100–108. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v11i2.2173>
- Sadewo, H. H., Djayus, Mislan, & Lepong, P. (2025). Continuity analysis of groundwater aquifers using geoelectrical Vertical Electrical Sounding (VES) method with *Schlumberger* configuration in Serayu-Citanduy Road and Golf Course, Tanah Merah Village, North Samarinda District, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 10(1), 104–112. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2025.10.1.10571>
- Sepriyenra, R., Yatini, Y., & Dewi, I. K. (2024). Application of Vertical Electrical Sounding (VES) in groundwater aquifer estimation in the “SPR” area, Wonogiri District, Wonogiri Regency, Central Java. *Indonesian Physical Review*, 7(3), 319–326. <https://doi.org/10.29303/ipr.v7i3.288>
- Syaputri, T. D., Suhendra, Halaiddin, H., Lidiawati, L., & Nurhidayah, R. (2024). Groundwater study using Vertical Electrical Sounding (VES) data based on resistivity and porosity of rocks in Kampung Melayu, Bengkulu City. *Jurnal Ilmiah*

- Sains, 24(1), 38-47. <https://doi.org/10.35799/jis.v24i1.54133>
- Wahab, S., Saibi, H., & Mizunaga, H. (2021). Groundwater aquifer detection using the electrical resistivity method at Ito Campus, Kyushu University (Fukuoka, Japan). *Geoscience Letters*, 8(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40562-021-00188-6>
- Wijaya, A., & Kusmuran, A. (2021). Identifikasi jenis akuifer air tanah menggunakan Vertical Electrical Sounding konfigurasi *Schlumberger*. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 8(1). <https://doi.org/10.24252/jft.v8i1.21210>