

PENELITIAN DISTRIBUSI SUMBER DAYA ANDESIT BERDASARKAN DATA RESISTIVITAS MENGUNAKAN METODE GEOELEKTRIK SCHLUMBERGER

INVESTIGATION OF ANDESITE RESOURCE DISTRIBUTION BASED ON RESISTIVITY DATA USING THE SCHLUMBERGER GEOELECTRICAL METHOD

Riaferdo Aldri¹, Agustinus Isjudarto², Rizqi Prastowo^{3,*}

^{1,2,3}Prodi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Email corresponding: rizqi@itny.ac.id

Email: riaferdo78@gmail.com

Email: isjudarto@itny.ac.id

Cara sitasi: R. Aldri, A. Isjudarto, R. Prastowo, "Penelitian Distribusi Sumber Daya Andesit Berdasarkan Data Resistivitas Menggunakan Metode Geoelektrik Schlumberger," *Kurvatek*, vol. 10, no. 2, pp. 235-242, 2025. doi: 10.33579/krvtk.v10i2.6408 [Online].

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran batuan andesit di Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah, menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Sebanyak 37 titik pengukuran dilakukan dengan bentangan kabel 200 meter untuk memperoleh data tahanan jenis bawah permukaan. Hasil inversi resistivitas menunjukkan nilai berkisar di atas 900 Ωm yang menandakan keberadaan batuan andesit segar dengan kondisi fisik padat dan belum mengalami pelapukan. Model 3D memperlihatkan sebaran andesit yang dominan pada arah baratlaut–tenggara dengan kedalaman antara 0,1 hingga 0,4 km dari permukaan. Persebaran ini berasosiasi dengan struktur vulkanik Formasi Andesit Tua yang berkembang di wilayah tersebut. Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode geolistrik efektif untuk memetakan distribusi batuan beku bawah permukaan dan memberikan informasi geologi yang penting bagi perencanaan pemanfaatan sumber daya alam di Kecamatan Bener.

Kata kunci: Geolistrik, Schlumberger, Andesit, Resistivitas, Bendungan.

Abstract—This study aims to identify the spatial distribution of andesite rocks in Bener District, Purworejo Regency, Central Java, using the Schlumberger configuration of the geoelectrical resistivity method. A total of 37 measurement points were established with a cable spread of 200 meters to obtain subsurface resistivity data. The inversion results indicate resistivity values above 900 Ωm , reflecting the presence of fresh andesite with compact physical characteristics and minimal weathering. The 3D model reveals that the andesite distribution is predominantly oriented northwest–southeast, extending at depths between 0.1 and 0.4 km below the surface. This spatial pattern is closely associated with the volcanic structures of the Old Andesite Formation that underlie the region. Overall, the findings demonstrate that the geoelectrical method is highly effective for delineating subsurface igneous rock distributions and provides essential geological insights to support resource mapping and regional infrastructure development planning.

Keywords: Geoelectrical, Schlumberger, Andesite, Resistivity, Dam.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan keragaman batuan yang terbentuk melalui proses tektonik dan vulkanik selama jutaan tahun. Secara geotektonik, wilayah Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng besar—Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik—yang menyebabkan kondisi geologi sangat kompleks dan dinamis. Aktivitas vulkanik yang intens menghasilkan berbagai jenis batuan beku, termasuk andesit yang tersebar luas di Pulau Jawa [1]

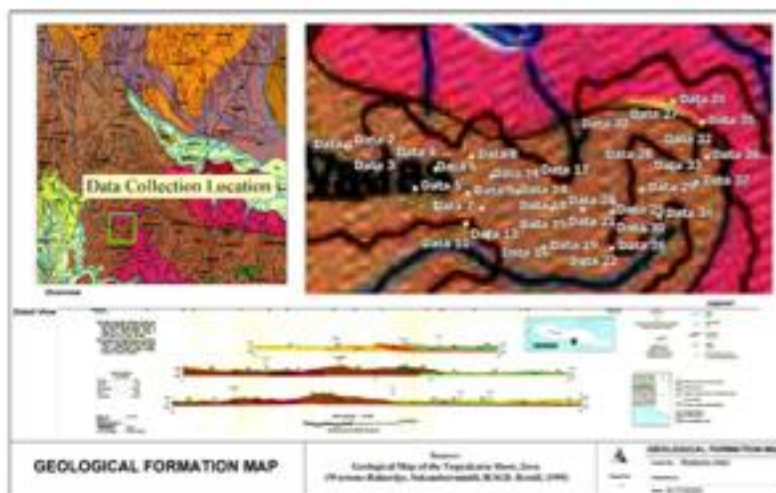
Batuan andesit memiliki kuat tekan uniaksial berkisar antara 100–200 MPa, menjadikannya salah satu batuan vulkanik dengan ketahanan mekanik tinggi dan sesuai untuk kebutuhan konstruksi sipil [2].

Ketahanan terhadap erosi dan pelapukan menjadikan andesit sebagai bahan utama untuk proyek infrastruktur berskala besar, baik domestik maupun ekspor. Pembangunan di Kabupaten Purworejo, khususnya di Kecamatan Bener, membutuhkan pasokan material konstruksi berkekuatan tinggi untuk proyek strategis seperti pembangunan bendungan. Sebagai batuan beku vulkanik, andesit memiliki sifat fisik yang unggul—keras, tahan pelapukan, serta tahan terhadap air dan perubahan iklim [2]. Kandungan silika (SiO_2) yang relatif tinggi, sekitar 62,30%, menjadikan andesit ideal untuk pembangunan jalan, jembatan, dan struktur beton [3].

Untuk mengidentifikasi potensi batuan andesit segar di bawah permukaan, diperlukan eksplorasi geologi menggunakan metode geolistrik. Metode ini dipilih karena bersifat non-invasif, efisien secara biaya, serta mampu menggambarkan kondisi bawah permukaan secara detail melalui pengukuran resistivitas [4] [5]. Nilai resistivitas batuan menjadi parameter utama dalam menentukan kesegaran dan kekuatan batuan, yang berperan penting dalam menilai kelayakan material untuk konstruksi berskala besar [6]. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran dan estimasi volume batuan andesit di Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, sebagai sumber daya potensial untuk mendukung proyek infrastruktur nasional.

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah, yang termasuk dalam Formasi Andesit Tua (Old Andesite Formation) hasil aktivitas vulkanik pada kala Kuartar. Daerah ini memiliki karakteristik geologi penting yang mendukung pemetaan sebaran batuan andesit, khususnya dalam konteks pemanfaatannya sebagai material konstruksi untuk proyek infrastruktur seperti pembangunan bendungan.

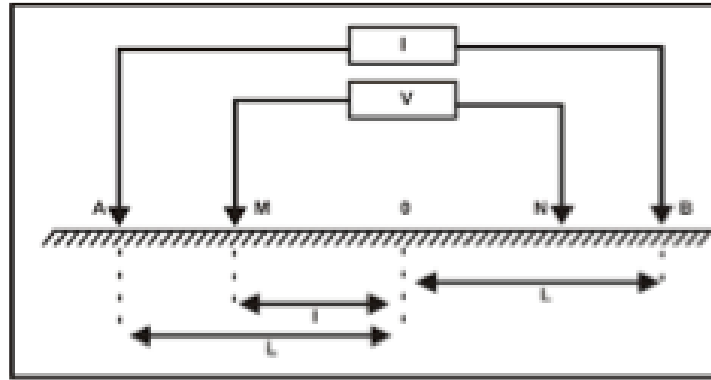
Kajian geologi regional dilakukan untuk memahami stratigrafi, litologi, dan morfologi permukaan, termasuk analisis lapisan vulkanik dominan serta struktur geologi utama yang berkembang di wilayah penelitian. Kehadiran lapisan andesit serta satuan batuan lainnya digambarkan secara rinci pada peta geologi regional daerah penelitian, yang menggunakan sistem pewarnaan geologi untuk membedakan formasi batuan. Area berwarna coklat dengan label “Tmok” menunjukkan Formasi Kebobutak, yang tersusun atas breksi andesit, tufa, tufa lapili, aglomerat, serta aliran lava andesit yang berselingan. Sementara itu, area berwarna merah muda dengan label “a” merepresentasikan batuan intrusi, yang tersusun atas hiperstena andesit, augit–hornblenda andesit, dan trakiandesit. Peta geologi ini memberikan kejelasan mengenai sebaran spasial batuan andesit beserta formasi geologi lain yang berkaitan dengan konteks eksplorasi.



Gambar 1. Peta Geologi Regional [7]

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mengombinasikan pendekatan geologi regional dan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Sebanyak 37 titik pengukuran dilakukan dengan total bentangan elektroda 200 meter pada tiap lintasan. Nilai resistivitas dihitung berdasarkan persamaan dasar hukum Ohm dan faktor geometri elektroda [5] [8]. Konfigurasi elektroda yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2, yang memperlihatkan susunan simetris antara elektroda arus dan elektroda potensial. Proses akuisisi data lapangan dijelaskan dalam Gambar 3, yang memperlihatkan kegiatan pengambilan data geolistrik di lokasi penelitian



Gambar 2. Metode Schlumberger [5]

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan [9]

No.	Nama Batuan	Resistivity (Ωm)
1	Udara	0
2	Lempung	1 – 100
3	Air Tanah	0.5 – 300
4	Breksi Tua	100 – 600
5	Andesit Tua	900 – 10.000

Pada konfigurasi Schlumberger, elektroda arus dan elektroda potensial ditempatkan pada jarak tertentu, dan pengukuran resistivitas dilakukan untuk menentukan karakteristik lapisan batuan bawah permukaan. Persamaan yang digunakan dalam metode ini adalah sebagai berikut [8]:

$$\rho_{\text{apparent}} = R K \tag{1}$$

$$R = \frac{V}{I} \tag{2}$$

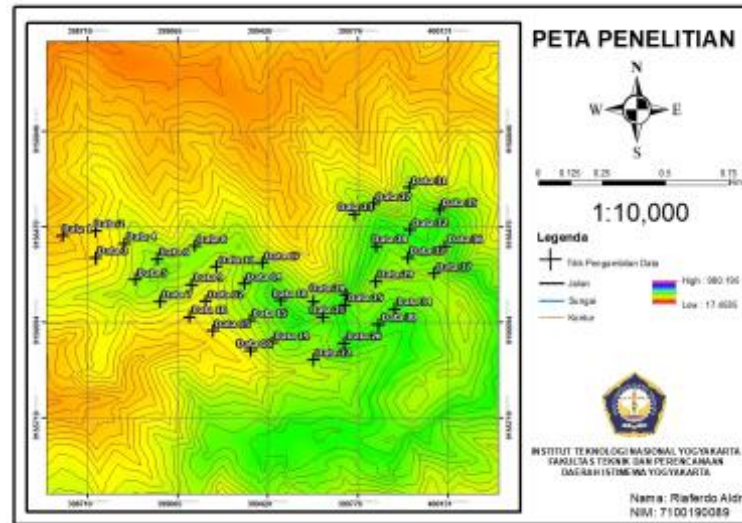
$$K = \pi \cdot \frac{((AB/2)^2 - (MN/2)^2)}{(2.MN/2)} \tag{3}$$

Dimana, ρ merepresentasikan nilai resistivitas semu di bawah permukaan dalam satuan ohm-meter ($\Omega \cdot m$), V sebagai beda potensial terukur (volts), I sebagai arus listrik (ampères), R sebagai nilai tahanan listrik (ohms), $AB/2$ adalah nilai setengah jarak antar elektroda, $MN/2$ adalah nilai setengah jarak antar elektroda potensial, dan K adalah nilai factor geometri yang disesuaikan dengan konfigurasi [5] [8].



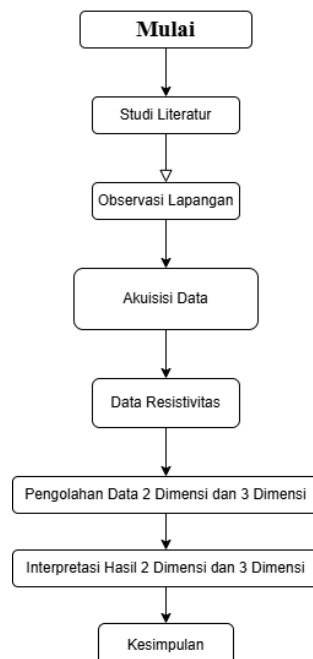
Gambar 3. Dokumentasi Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, dilakukan sebanyak 37 titik pengukuran dengan panjang kabel masing-masing 100 meter di setiap sisi, sehingga total bentangan elektroda mencapai 200 meter. Data yang diperoleh kemudian diolah menjadi model tiga dimensi (3D) untuk menginterpretasikan sebaran lateral dan vertikal batuan andesit di lokasi penelitian.



Gambar 4. Peta Titik Lokasi Pengambilan Data

Gambar 5 memperlihatkan alur kerja penelitian, yang diawali dengan studi literatur untuk memahami teori geologi dan teknik geolistrik. Tahap selanjutnya adalah observasi lapangan untuk menentukan titik pengukuran geolistrik. Data yang diperoleh berupa hasil pengukuran resistivitas langsung dengan metode Schlumberger, serta informasi geologi dari sumber sebelumnya. Data tersebut kemudian diolah menjadi model dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D). Tahap akhir berupa interpretasi hasil, di mana model resistivitas dianalisis untuk memetakan sebaran batuan andesit serta menilai potensinya sebagai material konstruksi dalam pembangunan bendungan.



Gambar 5. Peta Alur Penelitian

III. HASIL DAN DISKUSI

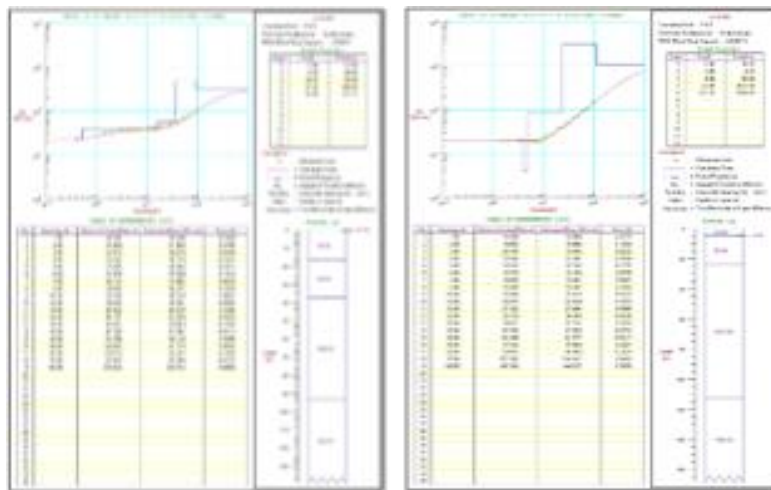
Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai resistivitas andesit di daerah penelitian berkisar 900 Ωm , yang menandakan batuan masih segar dan padat. Nilai ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya di Kulon Progo dan Gunungkidul, yang melaporkan rentang resistivitas andesit segar di atas 400 Ωm [10] [11].

Selain itu, melakukan penelitian di wilayah Kulon Progo dan mengungkapkan bahwa batuan andesit dengan nilai resistivitas di atas 900 Ωm umumnya memiliki ketahanan yang baik terhadap pelapukan serta

layak digunakan sebagai material utama dalam pembangunan struktur besar seperti jembatan dan bendungan [12]. Stabilitas konstruksi bendungan sangat dipengaruhi oleh ketebalan dan keutuhan lapisan andesit di bawah permukaan [13].

Hal ini relevan dengan kondisi di daerah penelitian Purworejo, di mana keberadaan lapisan andesit dengan resistivitas tinggi pada kedalaman tertentu menunjukkan potensi kuat untuk menjadi lapisan penopang utama konstruksi bendungan. Penelitian-penelitian terbaru juga telah memperkuat batasan nilai resistivitas yang digunakan dalam identifikasi batuan andesit. Metode Vertical Electrical Sounding (VES) konfigurasi Schlumberger telah diterapkan di Cilegon, dan melalui pendekatan tersebut diperoleh hasil bahwa lava andesit memiliki nilai resistivitas diatas 670 Ωm, yang dianggap sesuai dengan interpretasi litologi di lapangan [3] . Selanjutnya, konfigurasi dipole–dipole telah diterapkan di Pekalongan, dan dari hasil pengukuran tersebut ditetapkan bahwa andesit segar memiliki nilai resistivitas dalam kisaran 700–3000 Ωm (Sidik et al., 2023). Sementara itu, penelitian yang menggunakan konfigurasi Wenner–Schlumberger untuk mendeteksi diskontinuitas geologi telah melaporkan adanya zona resistivitas tinggi (150–700 Ωm) yang dikaitkan dengan keberadaan massa batuan utuh (intact rock mass) [14].

Gambar 6 memperkuat validitas data hasil pengukuran, dengan nilai kesalahan (error) yang relatif rendah, yaitu 1,17% pada titik P05 dan 2,63% pada titik P03, mengindikasikan bahwa kualitas data tergolong tinggi dan dapat diandalkan untuk mendukung interpretasi geologi bawah permukaan. Hasil yang lebih rinci disajikan pada Tabel 2, yang memuat nilai resistivitas hasil pengolahan dan interpretasi tiap titik pengukuran



Gambar 6. Resistivitas 2Dimensi Pengamatan Bawah Permukaan

Tabel 2. Hasil Interpretasi Jenis Batuan Dari Nilai Resistivitas

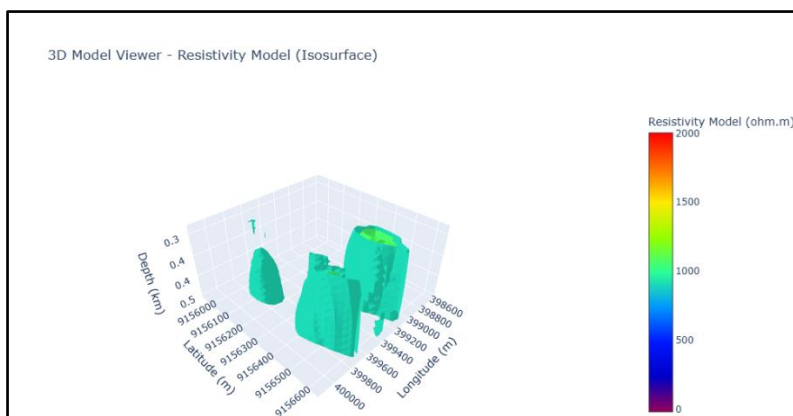
Nama Line	Resistivitas	Litologi	Nama Line	Resistivitas	Litologi
P 00	24.54	Clay	P 06	22.48	Clay
	16.89	Clay		7.49	Soil
	11.39	Clay		36.86	Clay
	45.04	Clay		73.65	Clay
	40.08	Clay		158.27	Tuff
P 01	32.44	Clay	P 07	61.2	Clay
	24.36	Clay		38.66	Clay
	16.12	Clay		15.47	Clay
	44.12	Clay		6331.51	Andesite
P 02	193.24	Tuff	P 08	1863.34	Andesite
	9.95	Soil		37.57	Clay
	35.07	Clay		15.45	Clay
	1.57	Soil		29.77	Clay
	189.74	Tuff		117.74	Tuff
P 03	96.35	Clay	P 09	210.06	Tuff
	20.02	Clay		51.39	Clay
	4.03	Soil		10.49	Clay
	85.68	Clay		38.91	Clay
	3073.59	Andesite		144.16	Tuff
	1060.51	Andesite		164.87	Tuff

	22.86	Clay		38.31	Clay
	221.32	Tuff		219.3	Tuff
P 04	12.44	Clay	P 10	28.54	Clay
	120.43	Tuff		51.45	Clay
	144.92	Tuff		156.19	Tuff
	22.5	Clay		28.94	Clay
	38.92	Clay		8.98	Soil
P 05	58	Clay	P 11	54.99	Clay
	486.45	Andesite		217.57	Tuff
	323.67	Tuff		198.28	Tuff
P 12	1.65	Soil	P 18	34.8	Clay
	474.5	Andesite		278.31	Tuff
	39.43	Clay		10.77	Clay
	364.59	Tuff		862.19	Andesite
	302.68	Tuff		427.32	Tuff
P 13	29.62	Clay	P 19	40.69	Clay
	94.96	Clay		18.85	Clay
	6.23	Soil		4.31	Soil
	97.65	Clay		164.31	Tuff
	93.59	Clay		4026.32	Andesite
P 14	42.37	Clay	P 20	28.5	Clay
	8.43	Soil		34.56	Clay
	36.69	Clay		4.6	Soil
	469.71	Andesite		910.82	Andesite
	1739.86	Andesite		4481.94	Andesite
P 15	51.49	Clay	P 21	42.31	Clay
	68.85	Clay		16.05	Clay
	310.85	Tuff		17.26	Clay
	65.48	Clay		128.37	Tuff
	546.67	Andesite		2462.95	Andesite
P 16	47.94	Clay	P 22	58.86	Clay
	54.06	Clay		79.07	Clay
	21.32	Clay		399.03	Tuff
	55.16	Clay		3941.95	Andesite
	55.82	Clay		1775.87	Andesite
P 17	104	Tuff	P 23	20.55	Clay
	169.26	Tuff		34.49	Clay
	151.33	Tuff		82.7	Clay
	207.87	Tuff		223.49	Tuff
	346.32	Tuff		152.44	Tuff
P 24	76.09	Clay	P 30	62.11	Clay
	98.7	Clay		518.35	Andesite
	20.16	Clay		36.84	Clay
	936.85	Andesite		1935.2	Andesite
	10269.9	Andesite		180.32	Tuff
P 25	59.52	Clay	P 31	48.63	Clay
	1298.54	Andesite		24.92	Clay
	93.12	Clay		153.81	Tuff
	607.5	Andesite		186.71	Tuff
	932.67	Andesite		85.77	Clay
P 26	7.61	Soil	P 32	20.43	Clay
	174.86	Tuff		8.15	Soil
	12.32	Clay		30.48	Clay
	69.5	Clay		6.11	Soil
	1592.92	Andesite		151.16	Tuff
P 27	65.66	Clay	P 33	20	Clay
	161.02	Tuff		39.13	Clay
	46.64	Clay		18.43	Clay
	1305.42	Andesite		165.8	Tuff
	3891.37	Andesite		217.18	Tuff
P 28	22.03	Clay	P 34	120.54	Tuff
	35.46	Clay		25.2	Clay
	63.86	Clay		397.79	Tuff
	223.27	Tuff		587.81	Andesite

	215.50	Tuff		438.13	Tuff
P 29	62.12	Clay	P 35	24.54	Clay
	484.91	Andesite		16.89	Clay
	29.82	Clay		11.39	Clay
	1469.46	Andesite		45.04	Clay
	1481.37	Andesite		40.08	Clay
P 36	24.53	Clay			
	15.87	Clay			
	11.94	Clay			
	69.83	Clay			
	169.96	Tuff			

Berdasarkan hasil pemodelan tiga dimensi (Gambar 7), sebaran batuan andesit di Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, memperlihatkan pola distribusi yang tidak seragam namun cenderung mengelompok pada bagian tengah hingga timur laut area penelitian. Persebaran massa batuan dengan nilai resistivitas tinggi ($>900 \Omega\text{m}$) menunjukkan kehadiran andesit segar yang memiliki densitas dan kekompakan tinggi. Nilai resistivitas maksimum mencapai sekitar $2000 \Omega\text{m}$, mengindikasikan kondisi batuan yang masih utuh dan belum mengalami pelapukan signifikan. Zona-zona resistivitas tinggi ini terlihat memanjang dengan orientasi barat-laut–tenggara, yang kemungkinan besar mengikuti arah struktur vulkanik lama dari Formasi Andesit Tua. Secara lateral, penyebaran andesit berada di antara koordinat 399000–400000 m (longitude) dan 9155600–9156200 m (latitude), memperlihatkan keterkaitan kuat dengan pola intrusi dan aliran lava kuno yang mendominasi morfologi Kecamatan Bener.

Secara vertikal, lapisan andesit teridentifikasi pada kedalaman antara 0,1 hingga 0,4 km dari permukaan, yang menunjukkan bahwa batuan tersebut relatif dangkal dan mudah diakses untuk eksploitasi sebagai material konstruksi. Distribusi nilai resistivitas menurun secara bertahap ke arah selatan dan baratdaya, yang mengindikasikan adanya perubahan litologi menuju lapisan yang lebih lempung atau tufaan. Hal ini konsisten dengan kondisi geologi daerah Purworejo bagian utara yang didominasi oleh breksi vulkanik, tuf, dan batuan sedimen muda hasil erosi dari tubuh gunung api tua di sekitarnya. Secara keseluruhan, hasil inversi resistivitas memperlihatkan bahwa andesit di Kecamatan Bener tersebar dalam bentuk lensa dan kolom intrusi bawah permukaan yang berasosiasi dengan aktivitas vulkanik masa Kuartar, menjadikannya sumber daya potensial dengan kualitas batuan yang sangat baik untuk mendukung pembangunan bendungan dan infrastruktur di wilayah tersebut.



Gambar 7. Model 3D Sebaran Andesit

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi sebaran batuan andesit di Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah, menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger. Hasil pengolahan data geolistrik menunjukkan bahwa nilai resistivitas batuan andesit di daerah penelitian berkisar di atas $900 \Omega\text{m}$, yang mengindikasikan keberadaan lapisan andesit berkualitas baik dan layak untuk dimanfaatkan sebagai material konstruksi. Lapisan andesit tersebut tersebar pada kedalaman yang mudah dijangkau, sehingga memudahkan proses pengambilan sumber daya secara efisien. Lapisan andesit tersebut terletak pada kedalaman sekitar 100m dari permukaan, sehingga berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai material konstruksi pada proyek infrastruktur daerah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada PT Geomine Bara Studio atas dukungan dan bantuan berharga yang diberikan selama proses akuisisi data geolistrik. Akses terhadap peralatan, keahlian lapangan, dan bimbingan teknis sangat berkontribusi terhadap keberhasilan penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. I. Setiawan, "Geochemical Characteristics of Metamorphic Rocks from South Sulawesi, Central Java, South and West Kalimantan in Indonesia," *Asean Eng. J.*, 2014.
- [2] B. Y. Horasan and A. Öztürk, "Features of Andesites Used in Buildings Around İncesu (Seydişehir) Region," *J. Inst. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 3, pp. 2079–2090, 2021.
- [3] A. Khan, R. Umar, and H. H. Khan, "Significance of silica in identifying the processes affecting groundwater chemistry in parts of Kali watershed, Central Ganga Plain, India," *Appl. Water Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 65–72, 2015.
- [4] M. H. Loke and R. D. Barker, "Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method1," *Geophys. Prospect.*, vol. 44, no. 1, pp. 131–152, 1996.
- [5] W.M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [6] X. Jia, L. Yang, L. Yulong, and Z. Lianzhi, "Application of the high-density resistivity method in detecting a mined-out area of a quarry in Xiangtan City, Hunan Province," *Front. Environ. Sci.*, vol. 10, p. 1068956, 2022.
- [7] W. Rahardjo, Sukandarrumidi, and R. H.M.D, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1 : 100.000, cetakan ke 3*. Bandung, 2012.
- [8] P. Kearey, M. Brooks, and I. Hill, *An introduction to geophysical exploration*, vol. 4. John Wiley & Sons, 2002.
- [9] H. Jayadi, I. U. Meidji, and B. Y. Tang, "Identifying Andesite Rocks Sources Using Geoelectrical Resistivity in Loli, Donggala Regency, Central Sulawesi," *J. Phys. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 45–54, 2019.
- [10] R. Prastowo, H. Helmi, O. Trianda, and R. Umam, "Identification of Andesite Resource Potential In Kalirejo Area, Kokap Sub-District, Kulon Progo using Resistivity Method," *Forum Geogr.*, vol. 35, no. 1, pp. 74–84, 2021, doi: 10.23917/forgeo.v35i1.13507.
- [11] H. Purnomo, R. Prastowo, M. H. Hibullah, and S. Pambudi, "Estimasi Sumberdaya Andesit Menggunakan Metode Ordinary Kriging Berdasarkan Pengukuran Geolistrik di PT. Zlaw Group Boyolali, Jawa Tengah," *J. Teknol. Miner. Dan Batubara*, vol. 19, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [12] D. J. Sasangka, S. Suhardi, D. P. Riyanto, D. Insani, and C. Dwi, "Analisis Kerentanan Lereng Lokasi Pembangunan Bendungan Bener Kabupaten Purworejo," *JGE J. Geofis. Eksplor.*, vol. 7, no. 3, pp. 238–255, 2021.
- [13] A. H. M. K. Zain, K. W. Sadono, and S. P. R. Wardani, "Pengaruh Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan terhadap Stabilitas Bendungan Urugan Selama Masa Konstruksi," *J. Tek. Sipil Dan Lingkungan*, vol. 8, no. 3, pp. 167–176, 2023.
- [14] A. M. Juwono, A. Susilo, F. Aprilia, and F. Hisyam, "Study Of Subsurface Conditions Of Southern Cross Road Using The Wenner-Schlumberger Method For Disaster Mitigation," *GEOMATE J.*, vol. 23, no. 97, pp. 97–105, 2022.



©2025. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).