



## Pemetaan Batuan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Dipol-Dipol: Studi Kasus di Kabupaten Minahasa Utara

Adey Tanauma<sup>a\*</sup>, Guntur Pasau<sup>a</sup>, Brian Mambu<sup>a</sup>, Gerald Tamuntuan<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi

### KATA KUNCI

Metode Geolistrik  
Resistivitas;  
Dipol-Dipol;  
Batuan;  
Minahasa Utara

### ABSTRAK

Daerah perbukitan di sebelah barat daya daerah Kema hingga sebelah selatan Desa Treman Kabupaten Minahasa Utara menunjukkan potensi keberadaan sumber daya alam batuan yang dapat dimanfaatkan untuk proyek pembangunan. Namun, hingga saat ini hampir tidak ditemukan kajian ilmiah ataupun investigasi bawah permukaan bumi untuk pemetaan potensi batuan intrusi sebagai bahan tambang/galian tipe C. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan struktur batuan intrusi bawah permukaan bumi dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipol-dipol. Hasil yang diperoleh menunjukkan zona-zona resistivitas tinggi bernilai lebih dari  $580 \Omega m$  yang diinterpretasi sebagai zona batuan andesit. Jarak zona batuan dari permukaan tanah bervariasi dari sekitar 40 m hingga kurang dari 10 m. Batuan intrusi dengan dimensi terkecil ada pada lintasan 1 dengan dimensi panjang 102 m dan lebar 15 m, sedangkan yang terbesar ada pada lintasan 4 yaitu panjang sekitar 400 m dan ketebalan mencapai lebih dari 70 m. Berdasarkan faktor ketebalan tutupan tanah di atas batuan yang relatif tipis serta dimensi zona batuan yang relatif besar mengindikasikan bahwa zona batuan pada lintasan 4 sangat potensial untuk di eksploitasi.

### KEY WORDS

Resistivity  
Geoelectrical;  
Method;  
Dipole-Dipole;  
Rock;  
North Minahasa

### ABSTRACT

The hilly region extending from the southwest of Kema to the southern part of Treman Village, North Minahasa Regency, indicates the potential presence of rock-based natural resources suitable for development projects. Despite this potential, scientific investigations or subsurface studies to map intrusive rock formations as sources of type C mineral resources remain limited. This research aims to delineate subsurface intrusive rock structures using the dipole-dipole configuration of the electrical resistivity method. The results reveal the presence of high-resistivity zones exceeding  $580 \Omega m$ , which are interpreted as intrusive rock bodies. The depth of these rock formations from the ground surface varies from approximately 40 meters to less than 10 meters. The smallest intrusive body, identified along Line 1, measures approximately 102 meters in length and 15 meters in width. In contrast, the most extensive body, located along Line 4, spans approximately 400 meters in length and a thickness of more than 70 meters.. Considering the relatively thin overburden and substantial volume of the rock body, the intrusive zone along Line 4 is deemed to possess high potential for future exploitation.

TERSEDIA ONLINE

01 Agustus 2025

### Pendahuluan

Sulawesi Utara merupakan salah satu kawasan tektonik dan vulkanik aktif di Indonesia (Watkinson &

Hall, 2017; Siahaan et al., 2005). Dinamika lempeng di kawasan ini telah banyak menyebabkan patahan yang kemudian menjadi celah tempat terbentuknya batuan intrusi plutonik.

\*Corresponding author:

Email address: adeytanauma8@gmail.com

Published by FMIPA UNSRAT (2025)

Batuhan di daerah ini didominasi oleh batuan andesit (Kadarusman et al, 2004), merupakan salah satu jenis batuan yang baik untuk dimanfaatkan sebagai material dasar jalan maupun bangunan (Hardiyono, 2013; Mendoza-Chaves et al., 2012). Hal ini menunjukkan bahwa daerah Sulawesi Utara sangat potensial dengan sumber daya alam batuan untuk keperluan pembangunan infrastruktur. Namun demikian, hingga saat ini investigasi bawah permukaan bumi untuk pemetaan potensi batuan intrusi sebagai bahan tambang/galian tipe C masih relatif terbatas. Padahal selain memiliki prospek ekonomis, keberadaan kajian bawah permukaan bumi untuk pemetaan potensi sumber daya batuan tersebut dapat mencegah terjadinya penambangan yang tidak terarah sehingga berdampak pada perombakan lingkungan yang bisa menimbulkan bencana.

Penelitian ini dilakukan untuk memetakan struktur batuan intrusi bawah permukaan bumi di daerah Minahasa Utara dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Metode ini merupakan salah satu metode geofisika yang sangat handal terutama dalam menginvestigasi keberadaan fluida bawah permukaan (Koyong et al., 2017; Pasamba et al., 2017) serta batuan intrusi (Koyong et al., 2017; Ndidiama et al., 2014). Pada metode ini, batuan dikenali melalui karakteristik resistivitas atau tahanan jenisnya berdasarkan respons potensial listrik akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi (Tamuntuan et al., 2015). Loke dan Barker (1996) telah mengembangkan algoritma pemrosesan data geolistrik sehingga dapat menampilkan pemetaan atau citra resistivitas bawah permukaan bumi secara dua dan tiga dimensi. Hal ini membuat luasan secara vertikal ataupun volume batuan serta ketebalan tanah penutup di atas batuan tersebut dapat diestimasi lebih akurat sehingga berdampak pada efisiensi biaya eksplorasi.

## **Material dan Metode**

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Minahasa Utara secara khusus pada perbukitan di sebelah barat daya daerah Kema hingga sebelah selatan Desa Treman Kecamatan Kauditan. Tahapan kegiatan penelitian meliputi survey pendahuluan, pemetaan profil tanah sepanjang bentang pengukuran, pengambilan data geolistrik, pengolahan data geolistrik dan interpretasi. Survey pendahuluan dilakukan untuk menentukan lokasi yang tepat bagi penempatan bentangan pengukuran geolistrik berdasarkan profil geologi yang ada di lokasi. Pemetaan profil tanah digunakan sebagai koreksi topografi dari hasil pengukuran geolistrik.

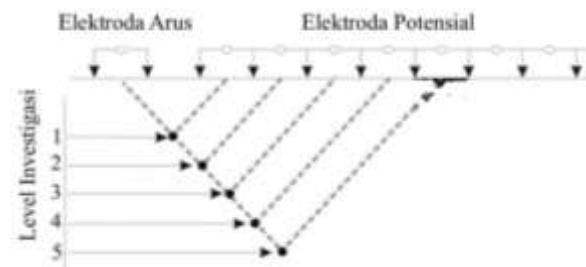
Pengukuran geolistrik resistivitas dilakukan menggunakan konfigurasi dipol-dipol pada empat lokasi berbeda. Panjang setiap lintasan pengukuran adalah 450 m. Koordinat lintasan pengukuran geolistrik tidak dinyatakan spesifik dalam tulisan ini. Pengambilan data geolistrik dilakukan dengan menggunakan konfigurasi dipol-dipol. Ilustrasi konfigurasi elektroda (*stacking chart*) untuk

pengukuran resistivitas secara 2D diperlihatkan seperti pada Gambar 1.

Pengolahan data geolistrik resistivitas 2D dilakukan dengan menggunakan software RES2DINV. Proses diawali dengan menghitung faktor geometri ( $K$ ) berdasarkan konfigurasi serta jarak antar elektroda yang digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tahanan jenis semu ( $\rho_a$ ) dari data kuat arus ( $I$ ) dan beda potensial ( $V$ ) berdasarkan persamaan berikut:

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

Profil sebaran resistivitas 2D selanjutnya diperoleh setelah melalui proses inversi 2D pada semua titik data.



Gambar 1. Teknik pengukuran geolistrik resistivitas konfigurasi dipol-dipol (dimodifikasi dari Morais et al., 2008).

---

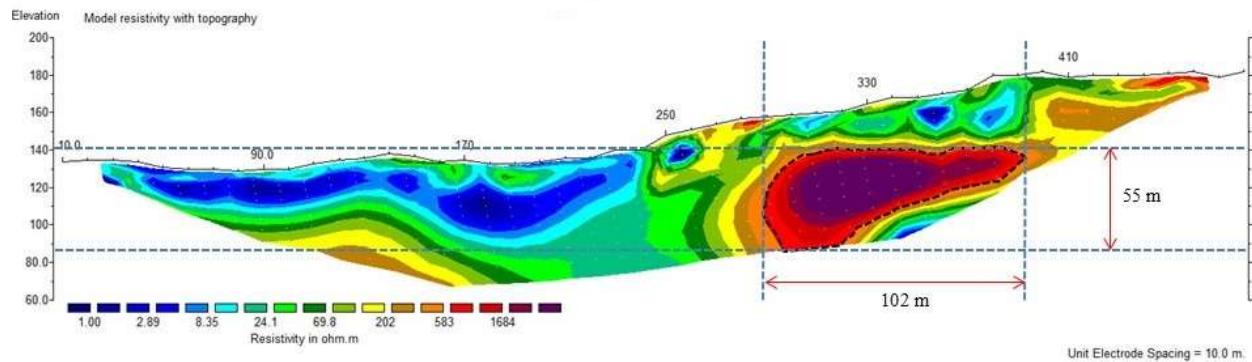
## Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 sampai dengan Gambar 5 menunjukkan penampang resistivitas 2D sebagai hasil inversi dengan RES2DINV terhadap data pengukuran geolistrik pada lintasan 1 sampai dengan lintasan 4 beserta topografinya masing-masing. Secara umum nilai resistivitas bervariasi mulai dari  $3 \Omega\text{m}$  hingga lebih dari  $2000 \Omega\text{m}$ . Warna pada penampang resistivitas menunjukkan nilai resistivitas batuan yang ada di bawah permukaan. Zona dengan nilai resistivitas rendah, yaitu  $< 25 \Omega\text{m}$  (citra resistivitas berwarna biru dan biru muda) berada pada selang resistivitas reservoir (Telford et al., 1991). Zona reservoir yang potensinya sangat signifikan teridentifikasi pada lintasan 1.

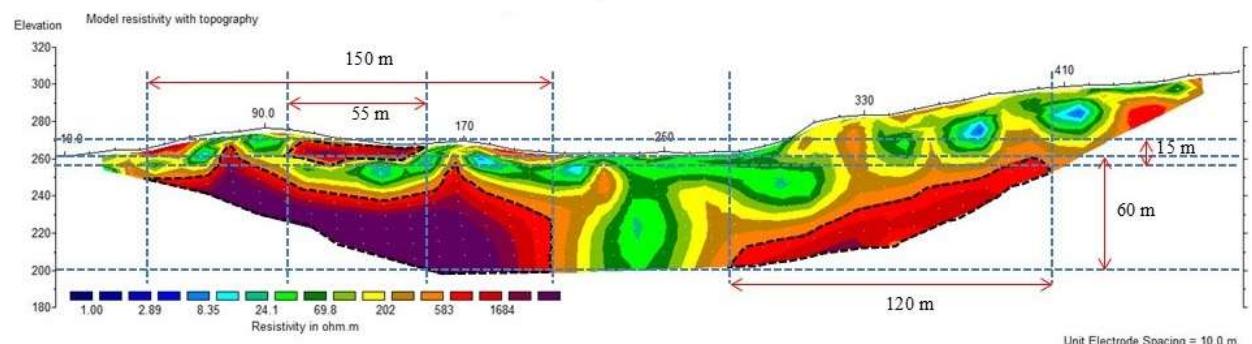
Zona dengan nilai resistivitas lebih dari  $580 \Omega\text{m}$ , yaitu zona berwarna merah hingga merah gelap pada citra resistivitas lintasan 1 hingga lintasan 4 diidentifikasi sebagai material batuan (Jayadi et al., 2020). Gambar 2 menunjukkan bahwa zona batuan dengan nilai resistivitas lebih dari  $580 \Omega\text{m}$  pada lintasan 1 berada pada kedalaman 10 m sampai dengan 20 m dibawah permukaan. Batuan tersebut diperkirakan memiliki panjang sekitar 102 m dan tebal 55 m.

Lintasan 2 (Gambar 3) memiliki dua zona batuan intrusi. Ketebalan tanah penutup diatas batuan pada zona pertama bervariasi antara 10 m hingga 35 m, sementara dimensi batuan memiliki panjang sekitar 150 m dan ketebalan diperkirakan lebih dari 60 m. Zona batuan kedua memiliki kedalaman dari permukaan tanah yang lebih besar jika dibandingkan dengan zona pertama. Dimensi batuan diperkirakan

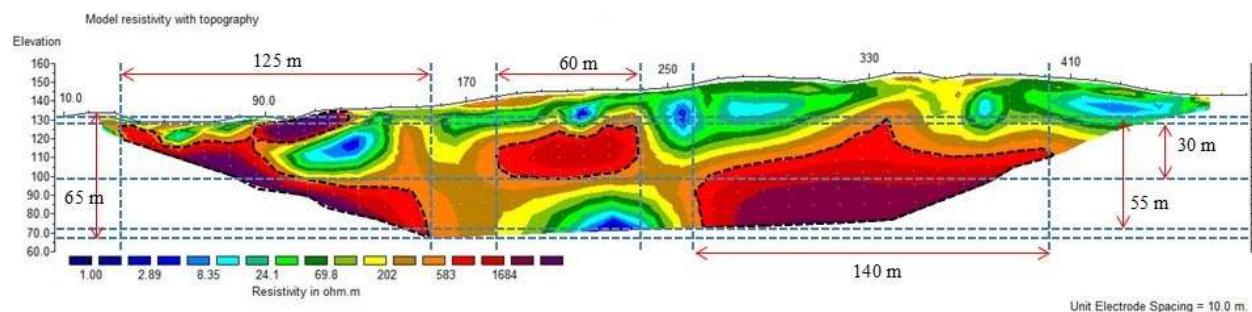
memiliki panjang sekitar 120 m serta ketebalan batuan lebih dari 60 m.



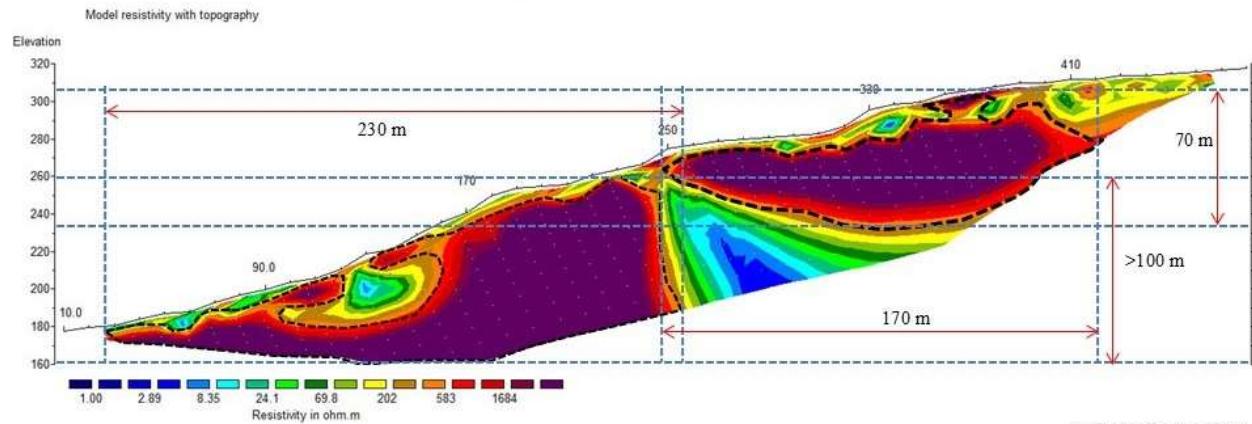
Gambar 2. Profil resistivitas 2D pada Lintasan 1



Gambar 3. Profil resistivitas 2D pada Lintasan 2



Gambar 4. Profil resistivitas 2D pada Lintasan 3



Gambar 5. Profil resistivitas 2D pada Lintasan 4

Zona batuan pada lintasan 3 (Gambar 4) memiliki kedalaman dari permukaan yang sangat bervariasi. Lintasan ini memiliki tiga zona batuan. Potensi batuan dekat permukaan dengan ketebalan tutupan tanah kurang dari 10 m berada pada meter elektroda ke 90 hingga 130, sementara pada zona ketiga yaitu pada meter elektroda ke 260 hingga 400 (panjang 140 m) memiliki ketebalan tutupan tanah yang relatif besar yaitu sekitar 40 m. Zona batuan dengan ketebalan tutupan tanah yang relatif besar kurang potensial untuk eksplorasi.

Gambar 5 menunjukkan citra resistivitas bawah permukaan pada lintasan 4. Resistivitas pada lintasan ini didominasi oleh nilai di atas  $580 \Omega\text{m}$  (direpresentasikan dengan citra berwarna merah gelap). Batuan pada lintasan ini terbagi atas dua zona masing-masing dengan panjang diperkirakan sekitar 230 m dan 170 m, serta ketebalan pada zona pertama (zona pada meter ke 30 hingga 260) adalah lebih dari 100 m dan ketebalan pada zona kedua (zona pada meter ke 250 hingga 420) adalah sekitar 70 m. Ketebalan tutupan tanah di atas batuan yang relatif tipis serta dimensi zona batuan yang relatif besar mengindikasikan bahwa zona batuan pada lintasan ini sangat potensial untuk di eksplorasi (Sidik et al., 2024)

### Kesimpulan

Pemetaan struktur bawah permukaan dengan memanfaatkan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipol-dipol pada empat lintasan di kawasan perbukitan arah barat daya daerah Kema hingga bagian selatan Desa Treman Kecamatan Kauditan Kabupaten Minahasa Utara menunjukkan variasi nilai resistivitas antara  $3 \Omega\text{m}$  hingga lebih dari  $2000 \Omega\text{m}$ . Zona dengan resistivitas rendah diinterpretasikan sebagai zona reservoir, dengan potensi paling signifikan teridentifikasi pada lintasan 1. Sebaliknya, zona dengan resistivitas tinggi ( $>580 \Omega\text{m}$ ) menunjukkan keberadaan batuan padat atau batuan intrusi, yang tersebar di seluruh lintasan. Dimensi zona batuan bervariasi, dengan ketebalan mencapai lebih dari 100 m dan panjang hingga 230 m. Lintasan 4 menunjukkan potensi tertinggi untuk eksplorasi, ditandai oleh tutupan tanah yang relatif tipis dan volume batuan yang besar. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode geolistrik sangat efektif dalam memetakan struktur geologi bawah permukaan serta mengidentifikasi zona-zona yang potensial untuk eksplorasi sumber daya alam, seperti batuan.

### Daftar Pustaka

- Hardiyono, A. (2013). Karakteristik Batuan Beku Andesit dan Breksi Vulkanik, dan Kemungkinan Penggunaannya Sebagai Bahan Bangunan Ukir Sari, Kecamatan Bojonegara Kabupaten Serang, Propinsi Banten. *Bulletin of Scientific Contribution* 11(2), 89 – 95.
- Jayadi, H., Meidji, I.U., dan Tang, B.Y. (2020). Identifying Andesite Rocks Sources Using Geoelectrical Resistivity in Loli, Donggala

- Regency, Central Sulawesi. *Journal of Physical Science and Engineering*. 4(2), 45 – 54.
- Kadarusman, A., Miyashita, S., Maruyama, S., Parkinson, C.D., Ishikawa, A. (2004). Petrology, Geochemistry, and Paleogeographic Reconstruction of The East Sulawesi Ophiolite, Indonesia. *Tectonophysics* 392, 55 – 83.
- Koyong, M., Tamuntuan, G., Ferdy. (2017). Pemanfaatan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Investigasi Sumber Air Panas di Kelurahan Paniki Bawah, Minahasa Utara. *Jurnal MIPA UNSRAT online* 6(2), 77 – 80.
- Loke, M.H., Barker, R.D. (1996). Rapid Least Squares Inversion of the Apparent Resistivity Pseudosections Using a Quasi-Newton Method. *Geophysical Prospecting* 44, 131 – 152.
- Mendoza-Chaves, G., Martinez-Martinez, L.H., Delgado-Hernandes, D.J., De Leo Escobeda, D, Alonzo-Guzman, M., Martinez Molina, W, Arreyguia -Rocha, E., Chaves-Garcia, H.L, Arteaga-Arcos, J.C. (2012). Mechanical Properties of Rocks Used for The Construction of Vehicular Bridge Supported by Pier Masonry. *Advanced Materials Iain, 1881 – 1889*
- Morais, F., Bacellar, L.A.P., Aranha, P.R.A. (2008). Study Of Flow In Vadose Zone From Electrical Resistivity Surveys. *Revista Brasileira de Geofísica* 26(2), 115 – 122.
- Ndidiama, N., Kalu, I.K., Ikechukwu, I.S., Olusegun, S.A., Okechukwu, N.J. (2014). Geoelectrical Characterization of Rock Formations Underlying Idonyi River, Amaeke-Abam, Southeastern Nigeria. *American Journal of Physics and Applications* 2(1), 35 – 45.
- Pasamba, O.S., Tamuntuan, G., Tanauma, A. (2017). Identifikasi Intrusi Air Laut dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfgurasi Wenner-Schlumberger di Daerah Malayang, Sulawesi Utara. *Jurnal MIPA Unsrat Online* 6(2), 72 – 76.
- Siahaan, E.H., Soemarinda, S., Fauzi, A., Silitonga, T., Azimudin, T., Raharjo, I.B. (2005). Tectonism and Volcanism Study in the Minahasa Compartment of the North Arm of Sulawesi Related to Lahendong Geothermal Field, Indonesia. *Proceeding World Geothermal Congress*, 1 – 5.
- Sidik, B.F., Fatihah, K.L., Darmawangsa, W.R., Faza, A.A., Setiawan, R.J., Ma'ruf, K., Hidayat, W., dan Giamboro, W.S. (2024). Geoelectric Investigation for Andesite Reserves Using Dipole-Dipole Configuration in Batursari Subdistrict, Pekalongan Regency, Central Java, Indonesia. *Iraqi Geological Journal*, 57(2E), 1 – 13.
- Tamuntuan, G., As'ari, Datunsolang, F. (2015). Investigasi Rembesan Limbah Cair Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas: Studi Kasus TPA Sumompo, Manado. *Prosiding Seminar Nasional Fisika – Universitas Negeri Jakarta*, 83 – 86.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. (1991) *Electrical Properties of Rocks and Minerals. Applied Geophysics* 2nd Edition. Cambridge University Press, 283 – 292.

Watkinson, I. M., Hall, R. (2017). Fault System of The Eastern Indonesian Triple Junction: Evaluation of Quaternary Activity and Implications for Seismic Hazards, in Cummins, P.R., and Meilano, I. (eds). *Geohazards in Indonesia: Earth Science for Disasters Risk Reduction*. Geological Society, London, 441p.