
Rancang Bangun Prototipe Sistem Pencitraan Bawah Tanah dengan Metode Electrical Resistance Tomography

Yunus Pebriyanto ^{1*, a}, Wilson Jefriyanto ^{1, b}, Yoan Theasy ^{2, c}, Yunita Enzelina Silaban ^{1, d},
Salsa Ayudhia Pratama ^{1, e}

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Jl. Hendrik Timang Kampus UPR Tunjung Nayo, Palangka Raya, 73112

² Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Palangka Raya, Jl. Hendrik Timang Kampus UPR Tunjung Nayo, Palangka Raya, 73112

e-mail: ^{a*} yunuspebriyanto@mipa.upr.ac.id, ^b wilsonjefriyanto@gmail.com, ^c yoante@fkip.upr.ac.id

Diajukan: 7 Februari 2026; Diterima: 27 Februari 2026; Diterbitkan: 11 Maret 2026

Abstrak

Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) merupakan salah satu teknik geofisika yang digunakan untuk memetakan struktur bawah permukaan berdasarkan distribusi nilai resistivitas material melalui injeksi arus listrik dan pengukuran beda potensial di permukaan. Meskipun metode ini banyak dimanfaatkan dalam eksplorasi bawah permukaan, penerapannya di lingkungan akademik masih terbatas akibat tingginya harga peralatan komersial. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe sistem pencitraan bawah tanah berbasis metode ERT dalam skala laboratorium sebagai media pembelajaran dan praktikum. Penelitian dilakukan menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang dipadukan dengan pendekatan eksperimen, meliputi tahap perancangan, pembuatan, pengujian, dan kalibrasi alat. Pengujian dilakukan pada media tanah homogen dan media tanah dengan anomali buatan menggunakan konfigurasi Wenner dan Wenner-Schlumberger, dengan hasil data diolah menggunakan perangkat lunak RES2DINV untuk menghasilkan citra dua dimensi bawah permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan mampu mendeteksi keberadaan anomali resistivitas dengan baik, meskipun pada skala laboratorium masih ditemukan error inversi yang relatif tinggi. Secara keseluruhan, prototipe sistem ERT ini dinilai efektif sebagai sarana pendukung pembelajaran geolistrik dan praktikum eksplorasi bawah permukaan.

Kata Kunci: Tomografi Resistivitas Listrik; Geolistrik; Pencitraan Bawah Permukaan; Prototipe Alat; Media Pembelajaran

Abstract

Electrical Resistivity Tomography (ERT) is a geophysical method used to image subsurface structures based on the distribution of material resistivity by injecting electrical current and measuring the resulting potential at the surface. Although widely applied in subsurface exploration, the use of ERT in academic environments is still limited due to the high cost of commercial equipment. Therefore, this study aims to design and develop a laboratory-scale prototype of a subsurface imaging system based on the ERT method as an educational and practical learning tool. The research employed a Research and Development (R&D) method combined with an experimental approach, including the stages of design, fabrication, testing, and calibration of the prototype. Experimental measurements were conducted on homogeneous soil media and soil media with artificial anomalies using Wenner and Wenner-Schlumberger configurations. The acquired data were processed using RES2DINV software to produce two-dimensional subsurface images. The results indicate that the developed prototype is capable of detecting resistivity anomalies effectively, although relatively high inversion errors were observed due to laboratory-scale limitations. Overall, the proposed ERT prototype is suitable as a supporting tool for geoelectrical learning and subsurface exploration practicum.

Keywords: Electrical Resistivity Tomography; Geoelectrical Method; Subsurface Imaging; Instrument Prototype; Learning Media

PENDAHULUAN

Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) merupakan salah satu teknik pencitraan geofisika yang digunakan untuk pemetaan distribusi resistivitas bawah permukaan melalui injeksi arus listrik dan pengukuran beda potensial di permukaan tanah [1,2]. Metode ini berkembang dari teknik geolistrik tahanan jenis yang memanfaatkan arus searah (*Direct Current*) untuk mengidentifikasi variasi sifat kelistrikan material berdasarkan nilai resistivitasnya [3,4]. Dalam implementasinya, nilai resistivitas semu dihitung dari rasio beda potensial terhadap arus yang diinjeksikan dengan mempertimbangkan faktor geometri konfigurasi elektroda seperti Wenner dan Wenner-Schlumberger [5,6,7]. Data hasil pengukuran kemudian diproses menggunakan algoritma inversi dua dimensi untuk menghasilkan model distribusi resistivitas bawah permukaan [8,9,10].

Perkembangan teknologi instrumentasi khususnya ERT dalam satu dekade terakhir menunjukkan peningkatan pada sistem akuisisi data digital, kontrol arus yang lebih stabil, serta integrasi perangkat lunak inversi yang lebih akurat dan efisien. Sistem modern umumnya menggunakan konfigurasi multi-elektroda otomatis dan data logger terintegrasi untuk meningkatkan efisiensi survei dan resolusi spasial [3,5]. Meskipun demikian, perangkat komersial dengan sistem otomatis tersebut memiliki biaya yang relatif tinggi sehingga kurang terjangkau bagi institusi pendidikan yang memiliki keterbatasan anggaran laboratorium [4]. Kondisi ini menyebabkan implementasi praktikum geolistrik di lingkungan akademik masih belum optimal.

Beberapa penelitian dalam sepuluh tahun terakhir telah berupaya mengembangkan instrumen resistivitas berbiaya rendah berbasis mikrokontroler. Huda et al (2021) melakukan pengembangan prototipe geolistrik berbasis Arduino dengan sistem komunikasi data nirkabel [11]. Selain itu, pengembangan sistem resistivitas laboratorium dengan pendekatan modular dan *programmable* juga dilaporkan oleh Júnior et al (2023) [5], yang menunjukkan bahwa tren pengembangan instrumen alternatif semakin mengarah pada sistem digital yang fleksibel dan ekonomis.

Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut menitikberatkan pada aspek otomasi dan digitalisasi akuisisi data, sementara desain instrumentasi dasar berbasis prinsip teori geolistrik yang sederhana dan mudah direplikasi untuk kebutuhan pembelajaran masih relatif terbatas. Selain itu, tidak semua pengembangan prototipe disertai dengan validasi eksperimental melalui proses inversi dua dimensi untuk mengevaluasi kemampuan deteksi anomali secara sistematis [1,3]. Hal ini menunjukkan adanya *research gap* dalam pengembangan sistem ERT edukatif yang murah namun tetap mempertahankan validitas ilmiah pengukuran resistivitas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengembangkan prototipe sistem pencitraan bawah tanah berbasis metode ERT dengan biaya pembuatan kurang dari 10 juta rupiah. Sistem dirancang berdasarkan prinsip dasar geolistrik tahanan jenis dengan injeksi arus DC terkontrol melalui *power supply* serta pengukuran arus dan beda potensial secara langsung. Desain rangkaian memisahkan jalur injeksi arus dan jalur pengukuran potensial untuk meminimalkan interferensi sinyal serta meningkatkan stabilitas pembacaan. Pendekatan ini tetap mengacu pada teori dasar resistivitas dan konfigurasi elektroda standar sebagaimana dijelaskan dalam literatur geolistrik terkini [3,4].

Keunggulan prototipe ini dibandingkan penelitian sebelumnya terletak pada kombinasi antara efisiensi biaya yang signifikan dibanding sistem komersial, desain instrumentasi terbuka yang mendukung proses pembelajaran konseptual, serta integrasi validasi melalui pemodelan inversi dua dimensi menggunakan perangkat lunak RES2DINV. Fleksibilitas penggunaan konfigurasi Wenner dan Wenner-Schlumberger dalam satu sistem memberikan variasi sensitivitas lateral dan vertikal sehingga mendukung analisis respons anomali secara lebih komprehensif [1]. Dengan demikian, inovasi teknis dalam penelitian ini tidak hanya berupa perakitan komponen sederhana, tetapi merupakan pengembangan sistem akuisisi resistivitas skala laboratorium yang terstruktur, terkalibrasi, tervalidasi secara eksperimental, dan ekonomis.

Secara ilmiah, penelitian ini berkontribusi pada penyediaan model prototipe ERT edukatif berbiaya rendah yang tetap memenuhi kaidah dasar pengukuran geolistrik, mampu mendeteksi anomali secara kualitatif, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut menuju sistem semi-otomatis atau multi-channel pada penelitian lanjutan. Pendekatan ini diharapkan mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik instrumentasi geolistrik di lingkungan pendidikan tinggi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang dipadukan dengan pendekatan eksperimen, karena tujuan utama penelitian adalah merancang, membangun, dan menguji kinerja sebuah prototipe alat resistivity meter berbasis metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Metode ini tidak hanya menekankan pada pengembangan produk, tetapi juga pada pengujian fungsionalitas dan kemampuan alat dalam menghasilkan data resistivitas serta citra bawah permukaan.

Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Metode geolistrik adalah salah satu metode pencitraan yang masuk dalam *Electrical Resistivity Tomography* yang mengukur sifat kelistrikan material di bawah permukaan bumi yang didasarkan pada nilai resistivitas material tersebut dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi [4]. Tujuan dari metode ini adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi material di bawah permukaan yang berhubungan dengan kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (konduktivitas atau resistivitas) [12]. Metode ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah (*Direct Current*) yang diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus. Kemudian beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial [13]. Dari hasil pengukuran arus beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi harga hambatan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur [5].

Potensial di Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi

Permukaan yang dilalui arus I adalah permukaan setengah bola dengan luas $2\pi r^2$, sehingga:

$$J = \sigma E \quad (1)$$

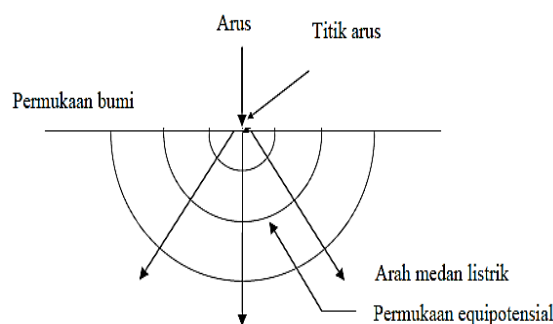
$$\text{Dengan } J = \frac{I}{A}; \sigma = \frac{1}{\rho}; E = \frac{V}{r}$$

$$\frac{I}{A} = \frac{1}{\rho} \frac{V}{r}$$

$$\frac{I}{2\pi r^2} = \frac{1}{\rho} \frac{V}{r}$$

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2)$$

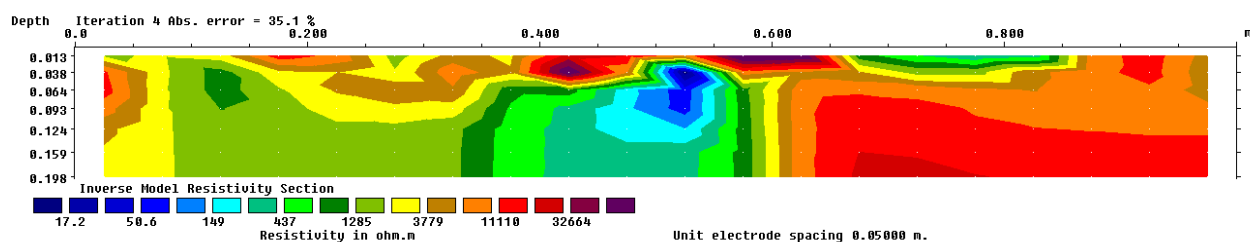
Dengan ρ_β adalah resistivitas semu dengan konfigurasi *Wenner β -Schlumberger* (Ωm), ρ adalah resistivitas semu dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* (Ωm), V adalah beda potensial antarelektroda P_1 - P_2 (Volt), I adalah arus listrik, J adalah densitas arus (A/m^2), σ adalah konduktivitas bahan/sistem ($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$), dan E adalah medan listrik (V/m), antarelektroda C_1 - C_2 , dan K adalah faktor geometri (m).



Gambar 1. Potensial Sekitar Titik Arus di Permukaan Bumi

Program RES2DINV

RES2DINV adalah program komputer yang secara otomatis menentukan model resistivitas 2 dimensi (2D) untuk bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik. Model 2-D menggunakan program inversi dari permodelan maju digunakan untuk menghitung nilai resistivitas semu.



Gambar 2. Contoh Hasil Citra 2-Dimensi dari Program RES2DINV Bawah Permukaan

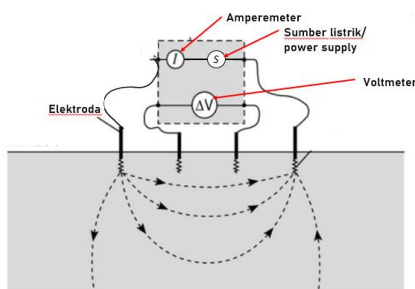
Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan yang diperlukan dalam dalam penelitian ini meliputi: Box Panel instrument, *power supply* (sumber listrik DC), amperemeter, voltmeter, kabel, saklar, fuse (pemutus daya), elektroda, solder listrik, tool kit listrik, *roll* meter 5 meter, laptop, box kayu, batang pisang, dan bata ringan.

Proses Perancangan Prototipe

1) Tahap Penelitian dan Perancangan

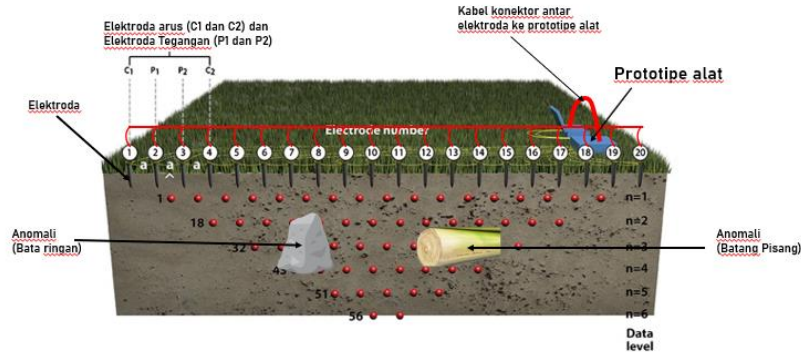
- Studi literatur: Mempelajari prinsip kerja alat geolistrik, berbagai konfigurasi elektroda (Wenner, Schlumberger, dll.), dan metode pemrosesan data.
- Penentuan Spesifikasi: Menentukan parameter yang akan diukur (resistivitas, arus, tegangan), resolusi yang dibutuhkan, dan jangkauan pengukuran.
- Pemilihan komponen: Memilih komponen elektronik yang sesuai, seperti sumber listrik DC, voltmeter, amperemeter, kabel, saklar, dan elektroda.



Gambar 3. Skema Rancangan Komponen-Komponen Alat yang digunakan

- Perancangan alat: Membuat rancangan prototipe alat berupa diagram rangkaian elektronik yang detail, termasuk jalur daya, jalur sinyal, dan koneksi antar komponen.
- #### 2) Tahap Pembuatan Prototipe
- Pembuatan alat: Mendesain dan membuat peralatan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat
 - Pemasangan komponen: Pemasangan semua komponen-komponen
- #### 3) Tahap Pengujian dan kalibrasi
- Pengujian fungsional: Memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan alat dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
 - Spesifikasi sistem injeksi arus : sumber arus menggunakan power supply DC tegangan maksimum 30 Volt dengan arus injeksi maksimum 2 Ampere.
 - Sistem pengukuran arus dan tegangan : pengukuran arus dilakukan menggunakan amperemeter digital dengan resolusi 1 μ A serta akurasi arus $\pm 1,5$ %. Sedangkan beda potensial menggunakan voltmeter digital dengan resolusi 0,01 V serta akurasi tegangan ± 1 %.
 - Analisis *noise* dan stabilitas sinyal : Pengujian tanpa injeksi arus menunjukkan *noise* pembacaan beda potensial berada pada rentang 0,01 V – 0,03 V. sedangkan fluktuasi arus $< \pm 2\%$.
 - Sistem *Switching* Elektroda : Sistem *switching* elektroda pada prototipe ini menggunakan sistem *manual switching* dengan metode pemindahan pengaturan posisi elektroda secara bertahap.
 - Pengujian lapangan: Melakukan pengukuran di lapangan dengan berbagai konfigurasi elektroda dan membandingkan hasilnya dengan data yang diharapkan.

- g) Validasi dan kalibrasi: Kalibrasi dilakukan dengan pengujian pada media homogen, selain itu dilakukan juga pengujian pada media dengan anomali buatan, serta melakukan analisis perbandingan hasil citra dengan posisi objek sebenarnya.

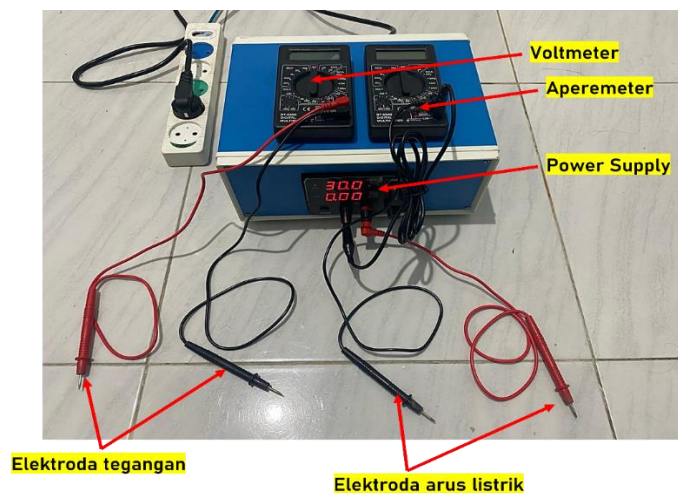


Gambar 4. Skema Pengujian Alat

- 4) Tahap Pengembangan Lanjutan
- Optimasi performa: Melakukan penyempurnaan pada desain perangkat keras dan perangkat lunak untuk meningkatkan performa alat.
 - Penambahan fitur: Menambahkan fitur-fitur tambahan, seperti pengolahan data yang lebih kompleks, atau tampilan data yang lebih informatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

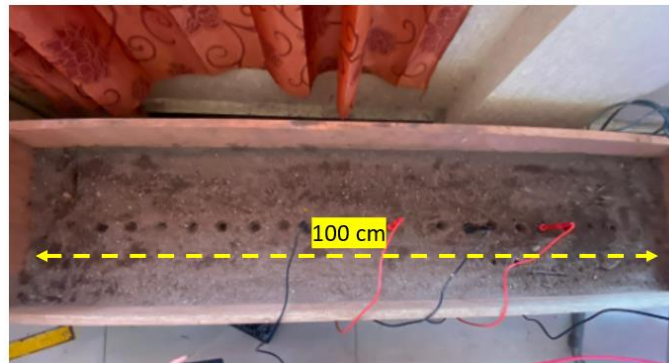
Prototipe Alat



Gambar 5. Prototipe Alat Pencitraan Bawah Tanah Metode Geolistrik

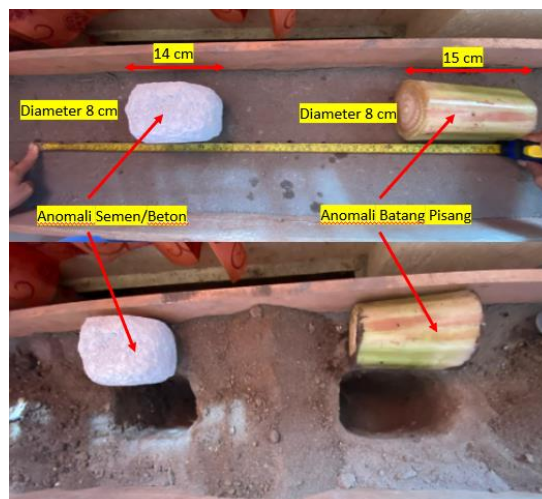
Tahap Pengujian Alat

Tahap pengujian alat dilakukan dengan pengambilan data arus listrik dan beda potensial yang telah diinjeksikan ke permukaan tanah melalui elektroda. Jangkauan yang diambil pada media pencitraan adalah 100 cm, dengan spasi antarelektroda adalah 5 cm.



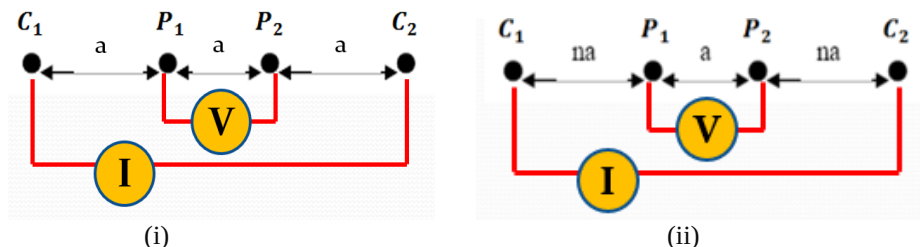
Gambar 6. Media Tanah yang dilakukan Citra Bawah Permukaan

Pada pengujian ini, akan dilakukan pencitraan bawah permukaan tanah dalam 2 kondisi. Kondisi pertama adalah media tanah homogen, dan kondisi kedua adalah media tanah diberikan 2 buah anomali. Anomali yang dimaksud dalam hal ini adalah 2 buah benda atau objek yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda dan sengaja diletakkan di suatu posisi di bawah permukaan tanah dan nantinya 2 anomali ini akan dilakukan pendeteksian. Dalam penelitian ini, anomali pertama yang digunakan adalah bata ringan yang diletakkan di bawah tanah pada kedalaman 6 cm dan posisi pada jarak 22 cm – 36 cm. Sedangkan anomaly kedua adalah batang pisang yang juga diletakkan pada kedalaman 6 cm dengan posisi 62 cm – 77cm.



Gambar 7. Dua buah Anomali yang diambil untuk dilakukan Pendeteksian Bawah Permukaan

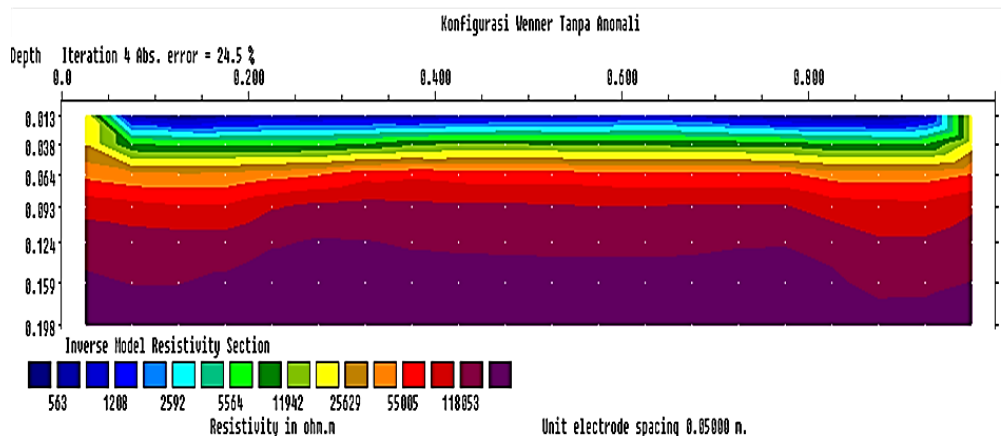
Pada pengujian ini, dilakukan menggunakan 2 konfigurasi elektroda, yakni Konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Wenner-Schlumberger. Gambar 8 merupakan posisi elektroda konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Wenner-Schlumberger.



Gambar 8. Susunan Elektroda pada Konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Wenner-Schlumberger.

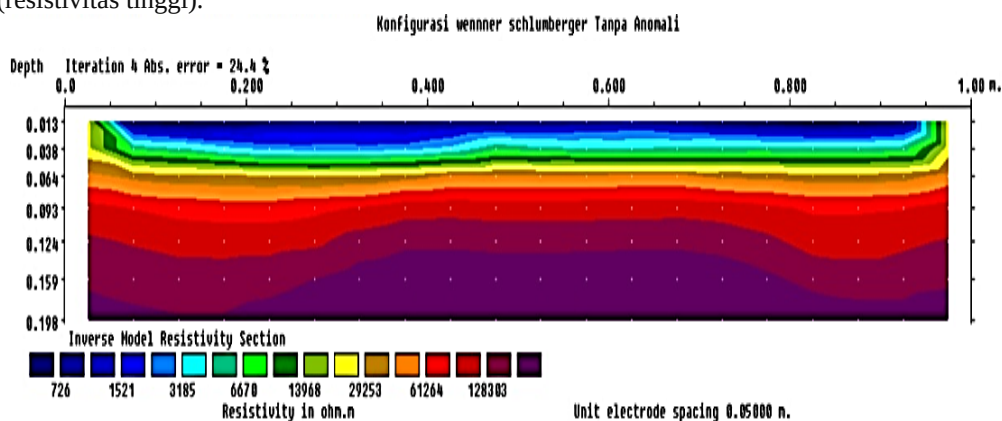
Pencitraan Bawah Permukaan Tanah Homogen atau Tanpa Anomali

Berikut merupakan hasil pencitraan bawah tanah homogen, artinya sebelum media tanah diberikan anomali. Pada kasus ini digunakan 2 konfigurasi yaitu citra dengan konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Wenner - Schlumberger. Berdasarkan Gambar 9. terlihat bahwa nilai resistivitas berada di rentang 563 Ohm.m hingga 118053 Ohm.m, dengan nilai resistivitas semakin besar dengan seiring dengan kedalaman tanah. Secara umum mengindikasikan densifikasi tanah dan kandungan air yang rendah (sangat kering), di mana semakin padat dan kering tanah, semakin sulit arus listrik mengalir (resistivitas tinggi). Ini bisa berarti dari tanah permukaan berpori dan lembap menuju lapisan tanah padat yang kering di kedalaman.



Gambar 9. Hasil Citra RES2DINV pada Tanah Homogen “tanpa anomali” dengan Konfigurasi Wenner

Selain itu, Gambar 10. menunjukkan bahwa nilai resistivitas berada di rentang 726 Ohm.m hingga 128303 Ohm.m. Terlihat bahwa nilai resistivitas tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil citra yang didapatkan dengan Konfigurasi Wenner, dengan karakteristik nilai resistivitas semakin besar dengan seiring bertambahnya kedalaman tanah. Semakin ke bawah, tekstur tanah semakin padat dan kering yang mana semakin sulit arus listrik untuk mengalir (resistivitas tinggi).

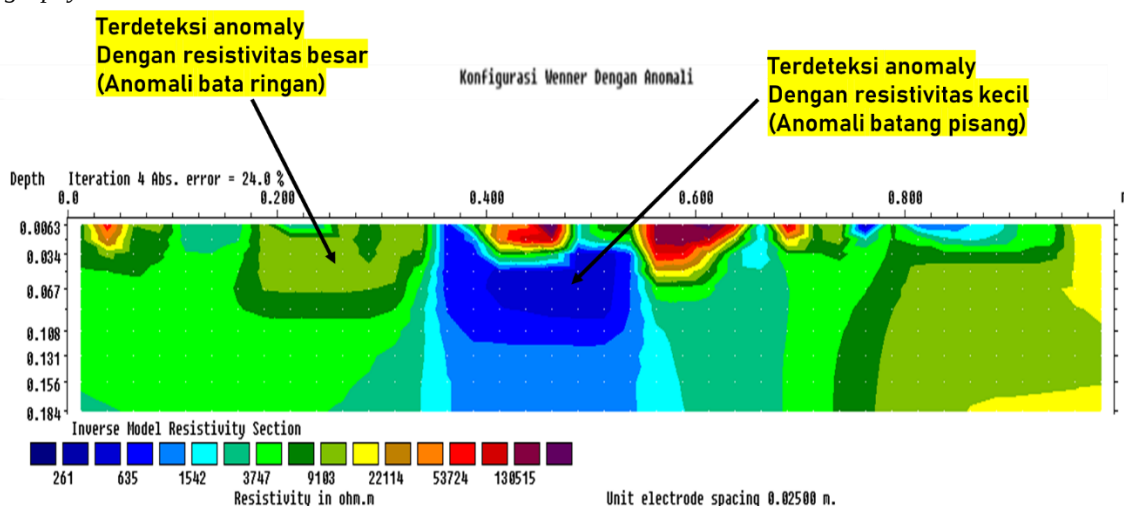


Gambar 10. Hasil citra RES2DINV pada Tanah Homogen “tanpa anomali” dengan Konfigurasi Wenner - Schlumberger

Pencitraan Bawah Permukaan Tanah dengan Anomali

Gambar 11 merupakan Hasil pencitraan geolistrik dengan Konfigurasi Wenner yang menunjukkan bahwa kedua anomali yang diletakkan di dalam box tanah berhasil terdeteksi melalui variasi distribusi resistivitas pada model inversi. Hasil inversi dua dimensi konfigurasi Wenner menunjukkan distribusi resistivitas pada rentang 261 Ω m hingga lebih dari 130.515 Ω m, dengan proses pengolahan dilakukan menggunakan metode *smoothness-constrained least squares inversion* pada perangkat lunak RES2DINV, opsi *use apparent resistivity*, dan konvergen pada iterasi ke-4 dengan nilai *absolute error* sebesar 24,0%. Zona berwarna merah-ungu yang muncul pada bagian dangkal tidak diinterpretasikan sebagai anomali fisik yang mana umumnya terjadi pada inversi ERT akibat sensitivitas tinggi lapisan permukaan, keterbatasan cakupan data, serta efek batas domain pada eksperimen skala

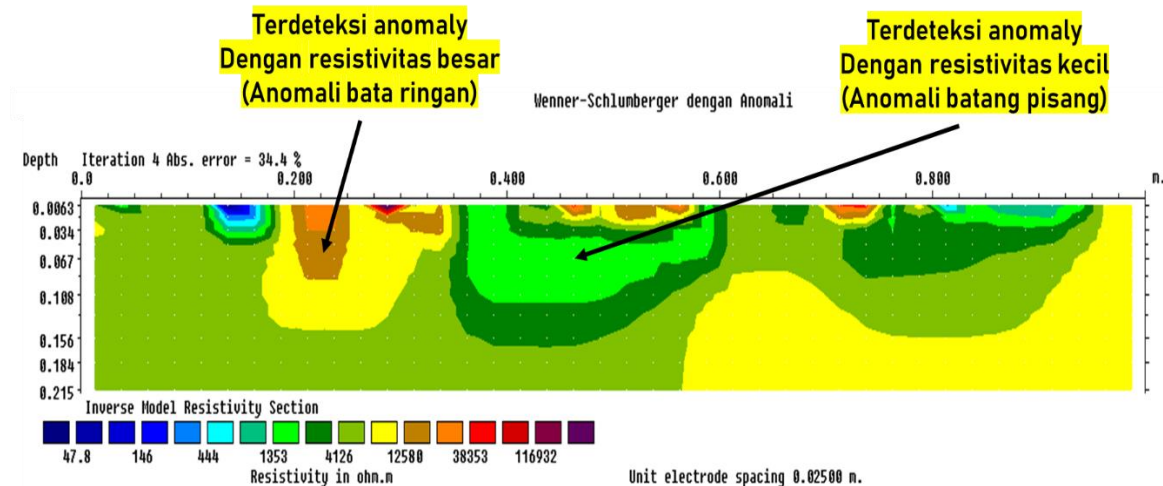
laboratorium. Fenomena ini telah banyak dilaporkan dalam literatur ERT, di mana sel model pada kedalaman sangat dangkal atau dekat batas lintasan sering menunjukkan nilai resistivitas ekstrem akibat regularisasi dan distribusi sensitivitas yang tidak merata [5]. Interpretasi anomali dilakukan pada zona yang secara spasial konsisten dengan posisi objek sebenarnya, yaitu pada rentang lateral 20 - 35 cm dan kedalaman 3 - 8 cm yang ditunjukkan oleh warna hijau tua sebagai representasi anomali bata ringan dengan resistivitas relatif lebih tinggi dibanding tanah sekitarnya, serta pada rentang 35 - 55 cm dan kedalaman 4 - 10 cm yang ditunjukkan oleh warna biru tua sebagai representasi anomali batang pisang dengan resistivitas lebih rendah akibat kandungan air dan sifat konduktif material organik. Nilai error inversi sebesar 24,0% masih berada dalam batas yang dapat diterima untuk eksperimen laboratorium berdimensi terbatas, mengingat adanya kontribusi kuantitatif dari efek batas (estimasi deviasi medan potensial 10 - 15%), resistansi kontak elektroda sebesar 5 - 20 Ω yang menghasilkan fluktuasi tegangan $\pm 0,02 - 0,05$ V (kontribusi error sekitar 5-8%), serta propagasi kesalahan pengukuran yang secara teoritis dapat diperkirakan melalui $\Delta\rho/\rho \approx \Delta V/V + \Delta I/I$ dengan estimasi error instrumen 6 - 8%. Selain itu, pemodelan dua dimensi terhadap objek yang bersifat tiga dimensi juga berkontribusi terhadap peningkatan error hingga sekitar 10 - 20%, sebagaimana dilaporkan pada studi ERT skala laboratorium sebelumnya [14]. Dengan demikian, keberadaan zona resistivitas ekstrem pada lapisan dangkal tidak mencerminkan kegagalan sistem, melainkan konsekuensi matematis dari proses regularisasi inversi, sementara zona anomali utama pada rentang 20 - 55 cm tetap menunjukkan kesesuaian spasial dan kontras resistivitas yang konsisten dengan sifat fisik material, sehingga membuktikan bahwa prototipe mampu mendeteksi variasi resistivitas bawah permukaan secara kualitatif dan semi-kuantitatif sesuai prinsip dasar *Electrical Resistivity Tomography*.



Gambar 11. Hasil Citra RES2DINV pada Media Tanah “dengan anomali” menggunakan Konfigurasi Wenner

Gambar 12 merupakan citra Hasil inversi dua dimensi menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger pada media tanah dengan dua anomali menunjukkan distribusi resistivitas pada rentang 47,8 Ωm hingga lebih dari 116.932 Ωm , dengan proses inversi dilakukan menggunakan metode *smoothness-constrained least squares inversion*, opsi *use apparent resistivity*, dan dihentikan pada iterasi ke-4 dengan nilai *absolute error* sebesar 34,4%. Konfigurasi Wenner - Schlumberger memiliki sensitivitas gabungan lateral dan vertikal yang lebih kompleks dibanding Wenner murni, sehingga respon anomali cenderung lebih menyebar secara lateral akibat fungsi sensitivitas yang lebih dalam dan distribusi arus yang lebih luas. Zona anomali bata ringan teridentifikasi pada rentang lateral sekitar 20 - 35 cm dengan warna kuning - coklat yang menunjukkan resistivitas lebih tinggi dibanding medium tanah di sekitarnya, konsisten dengan sifat material yang relatif kering dan lebih resistif. Sementara itu, anomali batang pisang terdeteksi pada rentang 35 - 55 cm dengan warna hijau-hijau tua yang menunjukkan resistivitas lebih rendah akibat kandungan air tinggi dan sifat konduktif material organik. Nilai error inversi yang relatif lebih besar dibanding konfigurasi Wenner (24,6%) dapat dijelaskan secara kuantitatif oleh beberapa faktor, yaitu efek batas domain laboratorium (deviasi potensial 10 - 15%), variasi resistansi kontak elektroda 5-20 Ω yang menyebabkan fluktuasi tegangan $\pm 0,02 - 0,05$ V (kontribusi error sekitar 5-8%), propagasi kesalahan pengukuran dengan estimasi $\Delta\rho/\rho \approx \Delta V/V + \Delta I/I$ sebesar 6 - 8%, serta efek pemodelan 2D terhadap objek 3D yang dapat meningkatkan misfit hingga 10 - 20% sebagaimana dilaporkan pada eksperimen ERT skala laboratorium [5,14]. Selain itu, konfigurasi Wenner - Schlumberger lebih sensitif terhadap heterogenitas vertikal sehingga pada skala domain terbatas dapat menghasilkan distribusi model yang lebih halus namun dengan misfit global yang sedikit

lebih tinggi akibat regularisasi *smoothness constraint*. Meskipun nilai error absolut relatif tinggi, posisi spasial anomali pada rentang 20 - 55 cm tetap konsisten dengan lokasi objek sebenarnya dan menunjukkan kontras resistivitas yang sesuai dengan karakteristik fisik material, sehingga secara kualitatif dan semi-kuantitatif prototipe mampu merepresentasikan respon resistivitas bawah permukaan dengan baik menggunakan konfigurasi Wenner - Schlumberger.



Gambar 12. Hasil Citra RES2DINV pada Media Tanah “dengan anomali” menggunakan Konfigurasi Wenner-Schlumberger

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis pencitraan geolistrik dua dimensi menggunakan perangkat lunak *RES2DINV*, dapat disimpulkan bahwa metode geolistrik dengan Konfigurasi Wenner dan Wenner - Schlumberger mampu mendeteksi keberadaan anomali bawah permukaan pada media tanah homogen dalam skala laboratorium. Dua objek anomali yang digunakan, yaitu bata ringan dan batang pisang, menunjukkan respon resistivitas yang berbeda dan kontras terhadap media tanah sekitarnya, dimana bata ringan teridentifikasi sebagai zona resistivitas tinggi, sedangkan batang pisang terdeteksi sebagai zona resistivitas rendah akibat kandungan air dan sifat materialnya. Perbandingan hasil citra sebelum dan sesudah penanaman anomali memperlihatkan perubahan distribusi resistivitas yang signifikan, sehingga membuktikan sensitivitas metode geolistrik terhadap variasi sifat fisik material. Meskipun nilai error inversi relatif tinggi, hal tersebut masih dapat diterima pada eksperimen skala kecil karena dipengaruhi oleh keterbatasan dimensi kotak, efek batas, kontak elektroda, serta asumsi model dua dimensi terhadap objek yang bersifat tiga dimensi. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode geolistrik efektif digunakan sebagai media pembelajaran dan simulasi untuk memahami prinsip deteksi anomali bawah permukaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Palangka Raya yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini. Selain itu peneliti juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada LPPM Universitas Palangka Raya telah mendukung kegiatan ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Loke, J. E. Chambers, D. F. Rucker, O. Kuras, and P. B. Wilkinson, “Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method,” *Journal of Applied Geophysics*, vol. 198, p. 104543, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.02.017>
- [2] Eissa R, et al. 2D Numerical Modelling of Electrical Resistivity Tomography to Optimise Detection of Former Building Foundations on Brownfield Sites. *Geotech Geol Eng.* 2025; 43(8): 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10706-025-03398-3>

- [3] A. Halawa, L. Lismawaty, and H. K. Tanjung, "Survey zona lapuk menggunakan metode geolistrik resistivitas pada kilometer 37 Medan–Berastagi," *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, vol. 17, no. 2, pp. 118–129, 2022. <https://ejurnal.istp.ac.id/jsti/get>
- [4] J. E. Mayori, K. Kusnadi, A. Wijaya, and S. Syamsuddin, "Pemetaan potensi air tanah menggunakan metode geolistrik resistivitas 1-D di Desa Rasabou, Kecamatan Hu'u, Kabupaten Dompu," *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, vol. 4, no. 1, pp. 30–38, 2023, <https://doi:10.31764/jpl.v4i1.17303>
- [5] A. O. C. Júnior, et al., "Design and construction of an automated and programmable resistivity meter for shallow subsurface investigation," *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, vol. 12, pp. 15–23, 2023. <https://doi:10.5194/gi-12-15-2023>
- [6] D. F. Rucker, M. H. Loke, M. T. Levitt, and G. E. Noonan, "Electrical resistivity tomography for environmental site characterization," *Geophysics*, vol. 85, no. 1, pp. EN1–EN14, 2020. <https://doi:10.1190/geo2019-0194.1>
- [7] S. Prodi, L. Handayani, and J. Pebralia, "Identifikasi struktur lapisan tanah pada lahan gambut dengan metode resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger," *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, vol. 9, no. 2, 2022, <https://doi:10.23960/jge.v9i2.270>.
- [8] Günther, C. Rücker, and K. Spitzer, "Three-dimensional modelling and inversion of DC resistivity data incorporating topography – II. Inversion," *Geophysical Journal International*, vol. 166, no. 2, pp. 506–517, 2019. <https://doi:10.1093/gji/ggz055>
- [9] N. Ali, J. Chappuies, G. Sloan, A. Rai, and Y. Dong, "A global perspective on electrical resistivity tomography, electromagnetic and ground penetration radar methods for estimating groundwater recharge zones," *Frontiers in Water*, vol. 7, no. 1, pp. 26–39, 2025, <https://doi:10.3389/frwa.2025.1636613>
- [10] W. Pratama and R. Rustadi, "Aplikasi metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk mengidentifikasi litologi batuan bawah permukaan dan fluida panas bumi Way Ratai," *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, vol. 5, no. 1, 2019, <https://doi:10.23960/jge.v5i1.21>
- [11] F. Huda, H. Harmadi, and A. F. Pohan, "Rancang bangun prototipe alat geolistrik menggunakan Arduino Uno R3 dan transceiver nRF24L01+," *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, vol. 10, no. 4, pp. 435–442, 2021, <https://doi:10.25077/jfu.10.4.435-442.2021>
- [12] P. B. Wilkinson, et al., "Practical considerations in electrical resistivity tomography data inversion," *Near Surface Geophysics*, vol. 20, no. 3, pp. 243–260, 2022. <https://doi:10.1002/nsg.12189>
- [13] R. Martorana, P. Capizzi, and A. D'Alessandro, "Low-cost instrumentation for electrical resistivity tomography surveys," *Measurement*, vol. 182, p. 109735, 2021. <https://doi:10.1016/j.measurement.2021.109735>
- [14] A. Li, et al., "Quantification of measurement uncertainty in ERT data and its effect on the inverted resistivity model," *Geophysics*, vol. 90, no. 4, pp. 1–77, 2025, <https://doi:10.1190/geo2024-0466.1>