

# Pemanfaatan Audio Magnetotelluric (ADMT) sebagai Media Edukatif Kontekstual Pembelajaran IPS Berbasis Cagar Budaya

Purwanto Purwanto<sup>1\*</sup>, Deny Yudo Wahyudi<sup>1</sup>, Mochammad Tri Herwanto<sup>1</sup>, ZunanFaruq Ardiansyah<sup>1</sup>, Hernata Aindyana<sup>1</sup>, Mayang Eka Israni<sup>1</sup>, Alfariz Maulana Yusuf<sup>1</sup>, Nurul Hidayatus Shobikhah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang, Jawa Timur, 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Dasar Negeri Dinoyo 1 Kota Malang, Jl. MT. Haryono No. 213, Malang, Jawa Timur, 65144, Indonesia

\*Penulis korespondensi, email: purwanto.fis@um.ac.id

doi: 10.17977/um065.v6.i1.2026.3

## Riwayat artikel

Diajukan: 1 Oktober 2025

Direvisi: 16 November 2025

Diterima: 17 November 2025

Diterbitkan: 26 November 2025

## Kata kunci

Cagar budaya

Media kontekstual

Pembelajaran IPS

Place-based learning

## Abstrak

Pemanfaatan *ADMT* tidak hanya berperan dalam kajian geofisika, tetapi juga berpotensi menjadi media edukatif kontekstual untuk memperkuat pembelajaran IPS berbasis tempat (*Place-based Learning*). Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan dukungan data kuantitatif untuk mengintegrasikan hasil survei resistivitas bawah permukaan ke dalam pembelajaran berbasis konteks lokal. Kegiatan melibatkan guru, mahasiswa PPG, alumni, dan pihak eksternal sekolah dalam memahami prinsip pengukuran medan elektromagnetik, interpretasi peta resistivitas, serta keterkaitannya dengan nilai budaya dan sejarah lokal. Hasil survei menunjukkan anomali resistivitas menengah hingga tinggi (32-36  $\Omega\text{m}$ ) pada kedalaman 0-10 meter, terutama di ruang kelas 1 dan 2 yang diduga terdapat artefak batuan padat peninggalan Hindu-Buddha. Data resistivitas tersebut dimanfaatkan sebagai media belajar untuk melatih kemampuan berpikir spasial, analitis, dan reflektif melalui integrasi fenomena ilmiah dan konteks sosial-budaya. Penerapan *ADMT* terbukti memperkuat karakter pembelajaran kontekstual dengan menghubungkan *Scientific Inquiry* dan *Local Heritage Education*, sekaligus memberikan implikasi praktis bagi guru dan mahasiswa PPG dalam mengembangkan model pembelajaran lintas disiplin berbasis *Research-based Learning*.

## 1. Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial di era perkembangan teknologi saat ini menuntut penggunaan media yang mampu menghubungkan antara konsep-konsep pembelajaran dengan konteks lokal yang dekat dengan kehidupan. Menurut Langran dan DeWitt (2020) pendekatan berbasis tempat dapat memberikan landasan teoritis untuk mengaitkan pengalaman langsung dengan pemahaman mengenai lingkungan dan fenomena sosial, sehingga kemampuan menginterpretasi realitas dapat berkembang lebih mendalam. Integrasi teknologi secara kontekstual menjadi semakin penting untuk menjembatani kebutuhan tersebut, terutama dalam menghadirkan representasi dan bukti nyata yang dapat membantu memahami konsep secara lebih konkret (Permana & Sujana, 2022). Pembelajaran kontekstual yang didukung oleh pemanfaatan teknologi dapat meningkatkan kemampuan saintifik (Anzelina, 2023). Sehingga, potensi lingkungan fisik sekolah yang memiliki nilai historis dapat menjadi titik awal implementasi pendekatan tersebut melalui pemanfaatan sumber belajar yang ada di sekitar.



**Gambar 1. Penemuan Yoni**

Keberadaan artefak Yoni yang ditemukan di lingkungan sekolah dasar menjadi potensi lokal yang bernilai strategis sebagai sumber belajar autentik. Yoni sebagai peninggalan budaya masa Hindu-Buddha tidak hanya merepresentasikan jejak historis kawasan tersebut, tetapi juga menyediakan bukti material yang dapat dimanfaatkan untuk memperkuat pemahaman mengenai hubungan antara ruang, budaya, dan perkembangan peradaban. Artefak Yoni berperan sebagai penghubung langsung antara konsep abstrak IPS dan realitas yang dapat diamati, sekaligus membuka peluang bagi sekolah untuk mengintegrasikan pendekatan pembelajaran berbasis tempat dalam kegiatan belajar. Berdasarkan penelitian Anzelina (2023), menunjukkan bahwa pemanfaatan kearifan lokal dalam pembelajaran mampu memperkaya pemahaman konseptual dan meningkatkan rasa memiliki terhadap lingkungan.

Dugaan adanya artefak lain yang masih terpendam di lingkungan sekolah menegaskan perlunya pendekatan ilmiah yang mampu mengidentifikasi potensi tersebut tanpa melakukan penggalian langsung. Menurut Yanis dkk (2025) lokasi pemetaan yang konservatif sangat dibutuhkan untuk situs bersejarah di daerah perkotaan yang padat. Kemungkinan keberadaan struktur atau objek material di bawah permukaan menjadi dasar penting bagi sekolah untuk memanfaatkan teknologi pemetaan bawah tanah guna memperoleh informasi awal secara akurat dan aman. Teknik geofisika seperti pemantauan medan elektromagnetik dan pemetaan resistivitas memanfaatkan perbedaan sifat fisik material dapat mengungkap struktur atau artefak tersembunyi di bawah permukaan (Maryadi dkk, 2024; Yanis dkk, 2025). Pemetaan bawah tanah menjadi langkah strategis untuk memastikan apakah lingkungan sekolah masih menyimpan tinggalan budaya lain yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber belajar IPS di masa depan.

Salah satu teknologi yang memiliki kemampuan untuk pemetaan dugaan artefak secara aman dan akurat adalah metode *Audio Magnetotelluric* (ADMT). ADMT merupakan teknik geofisika non-destruktif yang bekerja dengan memanfaatkan variasi medan elektromagnetik untuk mengidentifikasi perbedaan resistivitas material di bawah permukaan. Menurut Milo dkk (2022) teknologi tersebut mampu memetakan kondisi bawah tanah tanpa merusak situs. Penerapan teknik tersebut menjadi bagian penting dari strategi konservasi modern karena dapat memberikan informasi awal tentang kemungkinan keberadaan artefak sebelum dilakukan kegiatan pembangunan atau ekskavasi (Greal, 2006; Doro dkk, 2022; Irawati dkk, 2024). ADMT menjadi pilihan utama untuk memetakan struktur bawah tanah di sekolah perkotaan tanpa perlu proses penggalian besar (Cheng dkk, 2022). Alat ini menawarkan penetrasi sampai kedalaman sedang serta akuisisi data yang relatif cepat, tidak invasif, portabel, dan ramah lingkungan (Maryadi dkk, 2024). Melalui pendekatan ini, informasi awal mengenai kondisi bawah permukaan dapat diperoleh secara efisien, sehingga memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk kebutuhan penelitian awal maupun eksplorasi sumber belajar berbasis konteks lokal.

Pemanfaatan ADMT dalam konteks pendidikan tidak hanya berhenti pada fungsi teknisnya sebagai alat pemetaan bawah tanah, tetapi juga dapat diintegrasikan sebagai media pembelajaran kontekstual yang memperkaya proses belajar IPS. Operasional ADMT bekerja dengan mengukur fluktuasi medan elektromagnetik alami dan buatan untuk memperoleh peta distribusi resistivitas bawah tanah dengan resolusi tinggi (Cheng dkk, 2022). Data resistivitas yang dihasilkan dari pemetaan memberikan bukti empiris yang dapat digunakan untuk membaca, menafsirkan, dan menghubungkan fenomena lapangan dengan konsep IPS. Teknologi pemetaan resistivitas multidimensi memberikan kemampuan kuantitatif yang signifikan untuk mengidentifikasi bentuk dan ukuran struktur di bawah tanah (Greal, 2006; Klanica dkk, 2024). Melalui interpretasi hasil pemetaan ini, peserta diajak memahami keterkaitan antara bukti material, sejarah lokal, serta dinamika ruang yang ada di lingkungan sekolah. Dengan demikian, ADMT berperan sebagai sarana edukatif yang tidak hanya mengenalkan teknologi ilmiah tetapi juga memperkuat kemampuan analitis dan pemahaman kontekstual terhadap lingkungan sosial-budaya.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pemanfaatan teknologi geofisika non-destruktif dalam konteks arkeologi maupun konservasi situs budaya, integrasi teknologi tersebut ke dalam pembelajaran IPS

masih sangat terbatas. Menurut Milo dkk (2022) meskipun arkeogeofisika mampu membahas ruang lingkup, sifat, dan status pelestarian aktivitas antropogenik masa lalu secara komprehensif, aplikasinya dalam ranah pendidikan formal masih sedikit. Kajian tentang pembelajaran berbasis cagar budaya di sisi lain hanya memanfaatkan artefak sebagai objek observasi langsung tanpa dukungan data ilmiah yang mampu mengungkap kondisi bawah permukaan. Kekosongan penelitian pada integrasi antara teknologi, pembelajaran IPS, dan konteks cagar budaya di lingkungan sekolah inilah yang menjadi dasar perlunya pengembangan inovasi media pembelajaran berbasis hasil pemetaan bawah tanah.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pengalaman pembelajaran kontekstual bagi guru dan mahasiswa melalui pemanfaatan data ilmiah hasil pemetaan bawah tanah menggunakan metode *Audio Magnetotelluric*. Melalui interpretasi data resistivitas yang dihasilkan, peserta diharapkan mampu memahami potensi keberadaan artefak di lingkungan sekolah serta menghubungkannya dengan materi IPS berbasis cagar budaya. Penelitian ini sekaligus menjadi upaya awal untuk mengembangkan model pemanfaatan teknologi pemetaan bawah permukaan sebagai media edukatif yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran berbasis konteks lokal.

## 2. Metode

Penerapan *Audio Magnetotelluric* (ADMT) sebagai media edukatif kontekstual dalam pembelajaran IPS menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan dukungan data kuantitatif. Pendekatan ini dipilih karena dapat mendeskripsikan fenomena ilmiah dan pendidikan secara terpadu, yaitu antara hasil pengukuran geofisika (berbasis angka) dan interpretasi edukatif (berbasis makna). Menurut Creswell dan Creswell (2018), pendekatan penelitian deskriptif kualitatif dapat dikombinasikan dengan data kuantitatif pendukung dalam rancangan *Qualitatively Driven Mixed Methods Design*, yang berfokus pada pemahaman konteks, proses, dan implikasi fenomena yang diteliti.

Desain penelitian ini berfungsi untuk mengungkap potensi penggunaan data resistivitas bawah permukaan hasil pengukuran ADMT sebagai bahan pembelajaran yang bersifat kontekstual. Hasil kuantitatif berupa data resistivitas diinterpretasikan secara deskriptif untuk menjelaskan anomali bawah tanah yang berpotensi menunjukkan keberadaan artefak batuan padat, sedangkan hasil kualitatif diperoleh melalui observasi, wawancara, dan refleksi partisipatif informan lokal yaitu kepala sekolah, perwakilan alumni Sekolah Rakyat Gajayana, serta pamong budaya dari dinas kebudayaan dan pariwisata Kota Malang. Peran para informan untuk membantu menentukan titik lintasan pengukuran berdasarkan data empiris dan ingatan historis lokal. Pendekatan ini menjembatani dua ranah, yakni sains geofisika dan pendidikan sosial. Keduanya dapat memunculkan pembelajaran yang bermakna melalui integrasi data ilmiah dan konteks lokal.

Metode ini dalam konteks pendidikan mendukung paradigma *Place-based Learning* yang menempatkan lingkungan sekitar sebagai sumber belajar yang relevan dan nyata. Melalui integrasi hasil survei geofisika dengan praktik pembelajaran IPS, mahasiswa dan guru diarahkan untuk mengaitkan fenomena fisik (struktur bawah permukaan) dengan nilai historis dan budaya yang terkandung di lingkungan sekolah. Dengan demikian, desain penelitian ini tidak hanya menghasilkan temuan ilmiah tentang resistivitas bawah tanah, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan model pembelajaran kontekstual yang menghubungkan pengetahuan ilmiah, pelestarian budaya, dan pendidikan karakter.

Kegiatan survei lapangan dilakukan pada 13 Agustus 2025 diikuti dengan tahap analisis dan integrasi hasil pengukuran ke dalam kegiatan pembelajaran IPS. Pelaksanaan kegiatan dilakukan dalam dua tahap besar yaitu tahap survei geofisika (ADMT) dan tahap interpretasi dan integrasi edukatif. Pada tahap pertama, dilakukan survei di empat lokasi dengan total lima lintasan pengukuran meliputi kantor kepala sekolah, ruang kelas satu, ruang kelas dua, dan ruang UKS. Panjang setiap lintasan sekitar 6 m dengan interval pengukuran 1 m. Pengukuran dilakukan menggunakan instrumen ADMT yang merekam variasi resistivitas bawah permukaan berfokus pada kedalaman 15 m.



**Gambar 2. Lintasan Pengukuran ADMT**

Pemilihan kedalaman ini disesuaikan dengan dugaan posisi artefak dangkal yang mungkin tertimbun lapisan tanah vulkanik. Data mentah yang terekam berupa nilai resistivitas semu pada berbagai frekuensi elektromagnetik kemudian diolah menggunakan perangkat lunak pemodelan dua dimensi untuk menghasilkan penampang resistivitas bawah permukaan. Analisis dilakukan secara komparatif dan interpretatif, dengan mengaitkan hasil resistivitas, observasi lapangan, serta informasi narasumber. Analisis ini kemudian diinterpretasikan dalam bentuk pembelajaran untuk menumbuhkan kemampuan berpikir spasial dan kontekstual. Tahapan-tahapan tersebut menghasilkan data resistivitas bawah permukaan yang selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi anomali geofisika yang berpotensi mengindikasikan keberadaan artefak batuan padat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Lokasi kegiatan terletak pada koordinat geografis  $7^{\circ}56'11.08''$  LS dan  $112^{\circ}36'21''$  BT dengan elevasi sekitar 445 meter di atas permukaan laut. Secara geologis, wilayah Dinoyo termasuk dalam zona endapan vulkanik muda hasil aktivitas Gunung Kawi-Arjuno, yang ditandai oleh keberadaan material lempung, tuf, dan batuan andesit. Didukung pernyataan dari Maryadi dkk (2024) bahwa karakteristik batuan vulkanik di Jawa Timur memiliki variasi resistivitas yang tajam antar lapisan, sehingga ideal untuk eksplorasi bawah permukaan berskala dangkal hingga menengah. Kondisi litologi yang bervariasi ini menjadikan kawasan tersebut potensial untuk penerapan metode geofisika berbasis resistivitas seperti ADMT.

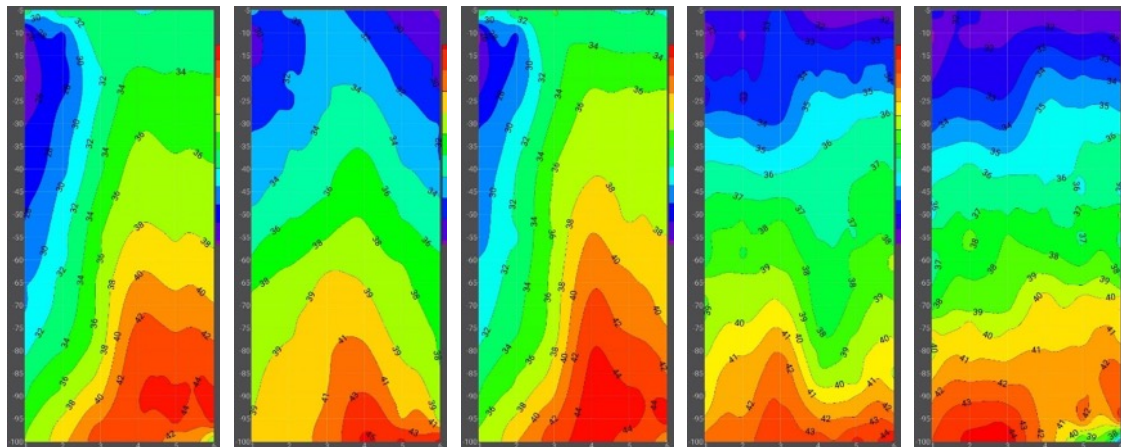
Pemilihan lokasi didasarkan pada keberadaan artefak Yoni peninggalan Hindu-Buddha yang ditemukan di ruang kepala sekolah. Selain itu, penelusuran ketiga lokasi lainnya mengacu pada informasi yang diberikan informan utama dari unsur alumni. Informan memberikan petunjuk bahwa disinyalir dahulu masih terdapat artefak yang berada di sekitar lokasi ruang UKS, sehingga penelusuran diperluas hingga kelas 1. Beliau mengatakan "bagian belakang sekolah dulunya berupa lahan kosong yang kemudian difungsikan sebagai kamar mandi. Di sisi timur kamar mandi terdapat arca sapi berukuran besar yang dikenal dengan nama Lembu Andini yang menghadap ke arah barat". Beliau menambahkan bahwa di depan kelas dahulu dipenuhi dengan Yoni. Artefak tersebut sering dimanfaatkan murid sebagai pijakan ketika terjadi banjir saat musim hujan. Untuk mengatasi masalah banjir, kemudian dilakukan pengukuran di area tersebut.

Dalam konteks pernyataan informan ini, objek bersejarah berupa Yoni diperkirakan tersusun atas batuan andesit dengan resistivitas yang relatif tinggi sehingga dapat dibedakan dari material sekitarnya yang umumnya memiliki resistivitas lebih rendah. Interpretasi anomali resistivitas tinggi dalam penampang ADMT dapat diasumsikan sebagai indikasi keberadaan Yoni. Asumsi pencarian anomali untuk mempersempit kajian difokuskan pada kedalaman 0-10 meter, sesuai dengan dugaan bahwa Yoni terpendam dekat dengan permukaan. Pendekatan ini memberikan dasar interpretasi yang lebih terarah dalam mengidentifikasi keberadaan benda bersejarah pada lokasi penelitian.

### 3.1. Hasil Pengukuran ADMT

Berdasarkan hasil survei geofisika yang dilakukan, diperoleh gambaran variasi resistivitas bawah permukaan yang menunjukkan potensi anomali di beberapa lintasan pengukuran. Hasil pengukuran resistivitas pada lintasan 1 Ruang Kepala Sekolah menunjukkan adanya kontras nilai resistivitas dari dangkal hingga kedalaman lebih dari 50 m pada (Gambar 3). Pada kedalaman 0-10 m, zona resistivitas rendah (28-32  $\Omega\text{m}$ ) dominan di bagian kiri lintasan ( $X=1-2$ ). Pendekatan semacam ini relevan apabila kita ingin memastikan resolusi ADMT pada kedalaman dangkal <10 m cukup untuk memisahkan anomali artefak dari background litologi (Gaballah & Alharbi, 2022). Kondisi ini mengindikasikan keberadaan lapisan lempung jenuh air atau tanah pelapukan dengan porositas tinggi. Sementara itu pada bagian tengah hingga kanan lintasan ( $X=3-5$ ), resistivitas meningkat menjadi 34-36  $\Omega\text{m}$ , yang menunjukkan lapisan lebih padat dan berpotensi mengandung fragmen batuan keras. Zona ini penting karena berada pada kedalaman dangkal yang sesuai dengan hipotesis keberadaan artefak Yoni.

Pada kedalaman lebih dalam (50-100 m), resistivitas meningkat hingga 42-44  $\Omega\text{m}$  yang dapat diinterpretasikan sebagai keberadaan batuan dasar (bedrock) berupa batuan beku keras kemungkinan andesit. Dengan demikian, anomali dangkal di bagian tengah lintasan dapat dicermati sebagai lokasi potensial artefak. Papadopoulos dkk (2006) mengungkapkan meskipun hanya menggunakan satu arah lintasan, inversi penuh 2D sudah cukup menghasilkan citra bawah permukaan yang valid. Kondisi ini relevan dengan keterbatasan ruang di area Ruang Kepala Sekolah yang tidak memungkinkan survei lintasan ganda.



**Gambar 3.** Lintasan 1 Ruang Kepala Sekolah  
**Gambar 4.** Lintasan 1 Kelas 1  
**Gambar 5.** Lintasan 1 Kelas 2  
**Gambar 6.** Lintasan 2 Kelas 2  
**Gambar 7.** Lintasan 1 Ruang UKS

Lintasan 1 Kelas 1 pada (Gambar 4) memperlihatkan pola resistivitas yang relatif simetris dengan pusat anomali di bagian tengah lintasan ( $X=3-4$ ). Pada kedalaman dangkal 0-10 m zona resistivitas 32-34  $\Omega\text{m}$  teridentifikasi di bagian tengah, sedangkan bagian kiri dan kanan lintasan menunjukkan nilai lebih rendah (30-32  $\Omega\text{m}$ ). Kondisi ini mengindikasikan adanya lapisan lebih kompak pada bagian tengah lintasan yang berpotensi berkaitan dengan batuan keras. Pada kedalaman 60-100 m, resistivitas meningkat secara signifikan menjadi 41-45  $\Omega\text{m}$  yang menandakan keberadaan batuan dasar keras dan masif. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa anomali resistivitas di area selatan sekolah kemungkinan merepresentasikan kombinasi antara artefak batuan padat dan material hasil konstruksi. Temuan ini konsisten dengan pola resistivitas pada penelitian Gaballah dan Alharbi (2022) yang mengidentifikasi rongga dan material padat sisa bangunan dengan nilai resistivitas tinggi pada kedalaman dangkal.

Anomali resistivitas pada kedalaman dangkal di tengah lintasan dapat dikaitkan dengan indikasi objek batuan padat, sedangkan lapisan geologi batuan dasar mengalami resistivitas tinggi tercermin pada kedalaman yang lebih dalam. Hasil ini konsisten dengan studi geofisika yang menunjukkan bahwa kombinasi metode resistivitas dan pemrosesan inversi probabilistik dapat meningkatkan keandalan deteksi struktur bawah permukaan pada situs arkeologi dan monumen batu (Klanica dkk, 2024; Balossi dkk, 2025). Efektivitas metode ini didukung pula oleh hasil kajian Doro dkk (2022) yang menegaskan bahwa kombinasi metode elektromagnetik dan resistivitas mampu mendeteksi objek arkeologis di lingkungan tropis dengan tingkat konduktivitas tinggi. Pendekatan integratif semacam ini menjadi landasan ilmiah bagi penerapan ADMT di wilayah berkarakteristik litologi kompleks seperti Kota Malang. Menurut Al-Hameedawi dkk (2022) penggunaan gabungan ERT dan GPR untuk memetakan struktur batu di situs bersejarah. Relevan sebagai contoh metode kombinasif dan argumentasi bahwa ADMT bisa dikombinasikan dengan metode lain untuk validasi.

Lintasan 1 Kelas 2 pada (Gambar 5) menunjukkan hasil pengolahan data resistivitas adanya variasi nilai yang cukup signifikan antara bagian kiri dan kanan lintasan. Pada kedalaman dangkal antara 0 hingga 10 m,

zona dengan resistivitas rendah (28-30  $\Omega\text{m}$ ) teridentifikasi pada posisi X=1-2. Zona ini diduga merepresentasikan material lempung jenuh air atau sedimen lunak yang relatif kurang padat, sehingga tidak sesuai untuk menopang keberadaan artefak batuan keras. Sementara itu, pada bagian tengah hingga kanan lintasan (X=3-5), nilai resistivitas meningkat menjadi 32-34  $\Omega\text{m}$ .

Peningkatan ini mengindikasikan adanya lapisan dengan material yang lebih padat dan kompak dibandingkan zona di sekitarnya. Hal ini memiliki potensi berkaitan dengan keberadaan batuan keras, termasuk kemungkinan artefak berupa Yoni yang terpendam pada kedalaman dangkal. Klanica dkk (2024) berhasil menggunakan grid 3D dan 4D (*Time-Lapse*) untuk memodelkan volume material bangunan dan dimensi parit serta rampart yang kemudian diverifikasi melalui ekskavasi, metode serupa dapat diadaptasi untuk interpretasi volume artefak di area sekolah apabila anomali resistivitas dapat dikonfirmasi dengan data lapangan atau materi padat. Sedangkan penelitian Pertiwi dkk (2023) menggunakan teknik *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD), efektif memperjelas kontak horizontal dan vertikal serta mengidentifikasi sesar yang memengaruhi distribusi resistivitas. Metode sejenis dapat memperkaya interpretasi ADMT apabila diaplikasikan di lokasi sekolah.

Posisi X=3 teridentifikasi adanya anomali berupa interpolasi nilai resistivitas yang menutup, sehingga membentuk kontras yang berbeda dengan pola resistivitas di sekitarnya. Fenomena ini memperkuat dugaan adanya material asing atau struktur yang tidak homogen, yang dalam konteks penelitian ini diasumsikan sebagai indikasi keberadaan artefak batuan bersejarah. Penelitian Balossi dkk (2025) juga menunjukkan keberhasilan menggunakan metode *Probability-based Resistivity Tomography* (E-PERTI) dalam memetakan struktur bawah tanah situs arkeologi dengan disiplin *Noise Filtering* dan invertasi probabilitas. Lebih dalam dari 50 m, khususnya pada sisi kanan lintasan (X=3-6), resistivitas semakin meningkat hingga mencapai 38-44  $\Omega\text{m}$ . Nilai resistivitas yang tinggi ini umumnya berkaitan dengan keberadaan batuan beku keras seperti andesit, yang dapat diinterpretasikan sebagai batuan dasar alami. Temuan ini sejalan dengan hasil Papadopoulos dkk (2006) yang menunjukkan bahwa pendekatan 3D dapat mendeteksi artefak arkeologis seperti dinding atau fondasi dengan tingkat resolusi tinggi.

Anomali resistivitas pada kedalaman dangkal (0-10 m) di bagian tengah hingga kanan lintasan (X=3-5), khususnya pada titik X=3, menjadi area paling potensial yang merepresentasikan posisi artefak batuan Yoni. Sedangkan, zona resistivitas tinggi pada kedalaman >10 m merepresentasikan struktur geologi batuan dasar. Pernyataan dari Ibu Kepala Sekolah melaporkan bahwa Yoni pertama kali terlihat pada permukaan halaman pada Mei 2019 dan area tersebut tidak pernah mengalami penggalian ulang sejak temuan awal, sehingga posisi artefak cenderung stabil. Pernyataan ini menguatkan kemungkinan bahwa anomali X3 terkait unsur artefaktual yang berkaitan dengan temuan permukaan. Klanica dkk (2024) mengilustrasikan bahwa topografi dan variasi bawah permukaan yang tidak rata dapat diakomodasi dengan baik, hal ini sangat penting jika lokasi memiliki permukaan dan bangunan yang tidak simetris.

Lintasan 2 pada (Gambar 6) dilakukan dengan memotong titik X3 lintasan 1 di Kelas 2 Majapahit dengan tujuan untuk memvalidasi temuan anomali yang sebelumnya teridentifikasi pada lintasan pertama di titik X3 Kelas 1 Majapahit. Hasil pengukuran menunjukkan adanya pola resistivitas yang serupa, di mana anomali dengan nilai resistivitas berbeda muncul pada kedalaman dangkal. Anomali ini memperlihatkan adanya indikasi material yang tidak homogen dibandingkan dengan batuan sekitarnya (Maryadi dkk, 2024). Konsistensi temuan pada lintasan pertama dan kedua memperkuat dugaan keberadaan objek atau material asing, yang dalam konteks penelitian ini diasumsikan sebagai indikasi keberadaan benda peninggalan sejarah, yakni struktur batuan yang diduga sebagai Yoni.

Hasil pengolahan data resistivitas pada lintasan 1 UKS pada (Gambar 7) menunjukkan pola konsisten berupa lapisan konduktif pada zona permukaan hingga kedalaman sekitar 20 m, yang ditandai oleh nilai resistivitas rendah (31-33  $\Omega\text{m}$ ) pada bagian kiri dan kanan lintasan. Di bagian tengah lintasan, khususnya pada segmen X1-X2 dengan elevasi sekitar 5 m, terdeteksi nilai resistivitas yang relatif lebih tinggi dibanding titik-titik lain pada kedalaman dangkal, mengindikasikan keberadaan lapisan yang lebih padat dan kompak yang berpotensi terkait dengan fragmen batuan keras. Pada kedalaman antara 70-100 m, menghasilkan nilai resistivitas yang meningkat menjadi 42-44  $\Omega\text{m}$ , sehingga dapat diinterpretasikan sebagai batuan beku masif.

Anomali resistivitas menengah pada kedalaman dangkal di bagian kiri lintasan dipandang sebagai area yang paling berpotensi menandakan keberadaan artefak batuan, sementara peningkatan resistivitas pada kedalaman besar mengindikasikan sebuah batuan. Informan utama dari alumni mengutarakan "adanya perubahan bentuk fisik lahan melalui pengurukan ulang pada bagian timur-selatan sekolah yang melibatkan penimbunan batu besar untuk pelebaran area bermain." Penjelasan tersebut memperkuat interpretasi bahwa sebagian anomali resistivitas di lintasan dapat disebabkan oleh material batuan terpendam yang bersumber dari aktivitas manusia. Hal serupa ditemukan pada situs Babilonia Kuno, di mana resistivitas tinggi dikaitkan dengan sisa struktur dinding batu yang tertimbun kembali setelah aktivitas konstruksi modern (Al-Hameedawi dkk, 2022).

Aktivitas antropogenik tersebut relevan dalam menjelaskan pola resistivitas menengah-tinggi pada lintasan ini, karena batuan tertimbun dapat menimbulkan anomali resistivitas serupa artefak asli. Menurut informan dari unsur Pamong Budaya, "hasil eksplorasi ini menawarkan potensi besar sebagai media pembelajaran berbasis tempat (*Place-based Education*)", di mana murid dapat belajar langsung tentang warisan budaya dan proses ilmiah eksplorasi. Perspektif ini memperkuat gagasan *School-based Archaeological Geoscience*, di mana teknologi geofisika seperti ADMT dapat menjadi sarana pembelajaran berbasis inkuiri yang menumbuhkan kesadaran pelestarian budaya sejak usia sekolah (Langran & DeWitt, 2020); Pertiwi dkk, 2023; Kristanti & Sujana, 2022). Pendekatan partisipatif yang menggabungkan eksplorasi ilmiah dan kegiatan pembelajaran berbasis tempat terbukti meningkatkan kesadaran pelestarian lokal dan memfasilitasi translasi hasil penelitian ke kurikulum sekolah (Sasmita dkk, 2023).

### 3.2. Media Edukatif Kontekstual Berbasis Cagar Budaya

Pemanfaatan hasil survei Audio Magnetotelluric (ADMT) di sekolah membuka peluang integrasi antara sains geofisika dan pembelajaran sosial berbasis konteks lokal cagar budaya. Hasil contoh pengukuran resistivitas bawah permukaan di ruang Kepala Sekolah (Gambar 8) yang menunjukkan adanya anomali geofisika tidak hanya bernilai ilmiah, tetapi juga dapat dijadikan media belajar kontekstual yang relevan dengan budaya dan sejarah lingkungan sekolah. Dalam pembelajaran IPS secara terpadu, data ini mampu menumbuhkan keterampilan berpikir spasial, analitis, serta kesadaran pelestarian warisan budaya. Menurut Kristanti & Sujana (2022) media pembelajaran berbasis konteks lokal dapat meningkatkan keterlibatan peserta karena menampilkan fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan mereka.



Gambar 8. Pengukuran ADMT di Ruang Kepala Sekolah

Pendekatan *Place-based Learning* berangkat dari prinsip bahwa proses belajar menjadi bermakna ketika dikaitkan dengan pengalaman nyata di lingkungan sekitar. Kegiatan pembelajaran berbasis hasil survei ADMT di sekolah memberi ruang peserta untuk mengaitkan fenomena geofisika dengan sejarah lokal, khususnya keberadaan artefak Yoni sebagai representasi warisan masa Hindu-Buddha. Wardani dkk (2023) menegaskan bahwa pembelajaran berbasis konteks lokal mampu menumbuhkan pemahaman konseptual dan meningkatkan prestasi belajar karena siswa berinteraksi langsung dengan sumber belajar di lingkungannya. Dalam konteks ini, ADMT berperan sebagai penghubung antara *Scientific Inquiry* dan kearifan lokal yang memperkaya pengalaman belajar IPS.



Gambar 9. Penggunaan ADMT sebagai *Place-based Learning*

Pemanfaatan hasil ADMT juga sejalan dengan konsep *Contextual Teaching and Learning* yang menekankan hubungan antara pengetahuan ilmiah dan kehidupan nyata. Guru dan mahasiswa PPG dapat menggunakan peta resistivitas hasil survei untuk menjelaskan konsep lokasi, kedalaman, dan bentuk bawah permukaan bumi secara ilmiah (Gambar 9). Melalui pendekatan kontekstual, mereka diarahkan untuk menafsirkan data bukan sekadar angka, melainkan representasi spasial yang terkait dengan nilai sosial-budaya di sekitar mereka. Permana & Sujana (2022) menunjukkan bahwa penerapan pendekatan kontekstual dalam pembelajaran IPS mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif karena peserta dilatih menganalisis fenomena lokal secara ilmiah.

Kegiatan ini memiliki implikasi langsung terhadap pengembangan kompetensi pedagogik dan profesional bagi guru dan mahasiswa PPG. Guru memperoleh pengalaman mengadaptasi hasil riset sains menjadi media pembelajaran, sedangkan mahasiswa PPG belajar mengintegrasikan pendekatan ilmiah dan nilai budaya dalam praktik mengajar. Sasmita dkk (2023) menegaskan bahwa pengembangan media berbasis konteks lokal melatih kemampuan guru dalam merancang pembelajaran kreatif yang menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Kegiatan eksplorasi ADMT di SDN Dinoyo 1 dapat dijadikan model pembelajaran inovatif yang mempertemukan dunia akademik dan pelestarian budaya.

Integrasi ADMT dalam konteks *Place-based Learning* juga memperkuat karakter ekologis dan historis warga sekolah. Hasil survei resistivitas yang menunjukkan potensi keberadaan artefak batuan padat menjadi bahan refleksi penting tentang pelestarian situs budaya di lingkungan pendidikan. Hal ini sejalan dengan pandangan Wardani dkk (2023) bahwa pembelajaran berbasis tempat menumbuhkan rasa kepemilikan terhadap lingkungan serta kesadaran tanggung jawab pelestarian budaya lokal. Dalam konteks pendidikan IPS, integrasi ini membantu guru dan mahasiswa PPG memahami keterkaitan antara ilmu kebumihuan, sejarah, dan nilai sosial-budaya yang membentuk dasar pembelajaran kontekstual secara utuh.

#### 4. Simpulan

Penerapan ADMT efektif mendeteksi variasi resistivitas bawah permukaan di lingkungan sekolah yang memiliki potensi cagar budaya. Hasil pengukuran di sekolah memperlihatkan adanya anomali resistivitas menengah hingga tinggi pada kedalaman 0-10 meter, terutama di sekitar ruang kelas 1 dan kelas 2. Data resistivitas tersebut memperkuat dugaan adanya peninggalan arkeologis yang tertimbun di bawah permukaan, sekaligus membuktikan efektivitas metode ADMT dalam konteks arkeogeofisika di kawasan perkotaan dengan keterbatasan ruang. Temuan ini juga menegaskan bahwa hasil survei ADMT tidak hanya bernilai ilmiah, tetapi dapat dimanfaatkan sebagai media edukatif kontekstual dalam pembelajaran IPS. Melalui integrasi data resistivitas bawah permukaan ke dalam *Place-based Learning*, guru dan mahasiswa PPG memperoleh pengalaman langsung dalam mengaitkan fenomena ilmiah dengan konteks sosial-budaya lokal. Pendekatan ini membantu peserta memahami hubungan antara sains, sejarah, dan lingkungan sekitar secara terpadu. Secara teoretis, integrasi antara *Scientific Inquiry* dan *Local Heritage Education* memperkaya teori *Place-based Learning and Contextual Teaching and Learning* dengan landasan empiris berbasis teknologi. ADMT dapat dikategorikan sebagai *Edu-Scientific Tool* yang memungkinkan transformasi hasil penelitian ilmiah menjadi bahan ajar kontekstual yang otentik. Sedangkan secara praktis, guru dapat menjadikan hasil survei ADMT sebagai model pembelajaran berbasis riset yang relevan dengan konteks sekolah, sekaligus mengasah kemampuan mereka dalam mentransformasikan data ilmiah menjadi materi ajar yang kontekstual. Bagi mahasiswa PPG, kegiatan ini menjadi sarana pelatihan pedagogik yang mengintegrasikan keterampilan ilmiah, interpretasi data, dan kesadaran budaya.

#### Kontribusi Penulis

Seluruh penulis memiliki kontribusi yang sama terhadap artikel. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir artikel.

#### Pendanaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang atas dukungan pendanaan melalui Keputusan Rektor Universitas Negeri Malang nomor: 16.5.100/UN32/KP/2025 tentang Pelaksana Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Skema Program Profesi Guru Universitas Negeri Malang Tahun Anggaran 2025 tanggal 16 Mei 2025 pada skema Pengabdian Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PPKB) PPG, serta memberikan apresiasi kepada SDN Dinoyo 1 Kota Malang sebagai Mitra Pelaksana Pengabdian.

#### Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepenulisan, dan/atau publikasi artikel ini.

#### Ketersediaan Data

Kumpulan data yang dihasilkan dan/atau dianalisis dalam penelitian ini tersedia dan dapat diperoleh dengan menghubungi penulis korespondensi berdasarkan permintaan yang wajar.

## Pernyataan Penggunaan AI

Penulis menyatakan tidak menggunakan AI atau alat berbantuan AI dalam penyusunan naskah ini. Penulis menyatakan bahwa AI digunakan semata-mata untuk meningkatkan keterbacaan dan kebahasaan dengan pengawasan manusia yang ketat; tidak ada konten, ide, analisis, interpretasi, atau kesimpulan yang dihasilkan oleh AI.

## Daftar Rujukan

- Al-Hameedawi, M. M., Thabit, J. M., Al-Menshed, F. H., & Conyers, L. (2022). Integrating electrical resistivity tomography and ground-penetrating radar methods to map archaeological walls near northern Ishtar Gate, ancient Babylon City, Iraq. *Archaeological Prospection, 29*(2), 293–304. doi:10.1002/arp.1852
- Anzelina, D. E. (2023). Potensi kearifan lokal Sumatera Selatan sebagai basis media pembelajaran kontekstual biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Nusantara, 2*(2), 53–63. doi:10.57176/jn.v2i2.51
- Balossi Restelli, F., Cozzolino, M., Manuelli, F., & Mauriello, P. (2025). The characterization of the lower town of the UNESCO archaeological site of Arslantepe (Malatya, Türkiye) using the geophysical E-PERTI method (extended data-adaptive probability-based electrical resistivity tomography inversion method). *Heritage, 8*(2), 37. doi:10.3390/heritage8020037
- Cheng, Y., Hu, X., Han, B., Li, Y., Kong, Y., & Tang, J. (2022). Magnetotelluric evidence for lithospheric alteration beneath the Wuyi-Yunkai orogen: Implications for thermal structure of South China. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 23*(11), e2022GC010456. doi:10.1029/2022GC010456
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Doro, K. O., Emmanuel, E. D., Adebayo, M. B., Bank, C. G., Wescott, D. J., & Mickleburgh, H. L. (2022). Time-lapse electrical resistivity tomography imaging of buried human remains in simulated mass and individual graves. *Frontiers in Environmental Science, 10*, 882496. doi:10.3389/fenvs.2022.882496
- Gaballah, M., & Alharbi, T. (2022). 3-D GPR visualization technique integrated with electric resistivity tomography for characterizing near-surface fractures and cavities in limestone. *Journal of Taibah University for Science, 16*(1), 224–239. doi:10.1080/16583655.2022.2040242
- Grealy, M. (2006). Resolution of ground-penetrating radar reflections at differing frequencies. *Archaeological Prospection, 13*(2), 142–146. doi:10.1002/arp.283
- Irawati, S. M., Paembonan, A. Y., & Fernanda, L. (2024). Aplikasi tensor fase data magnetotellurik untuk pemodelan panas bumi The Geysers, California dan dikorelasikan dengan data gaya berat. *Jurnal Geosains dan Teknologi, 6*(3), 186–202. doi:10.14710/jgt.6.3.2023.186-202
- Klanica, R., Štefan, I., Hasil, J., & Beránek, R. (2024). Characterization of stronghold fortifications by 2D/3D/4D electrical resistivity tomography: Major push towards quantitative interpretation. *Pure and Applied Geophysics, 181*(3), 919–933. doi:10.1007/s00024-024-03427-x
- Kristanti, N. N. D., & Sujana, I. W. (2022). Media pembelajaran interaktif berbasis pembelajaran kontekstual muatan IPS pada materi kenampakan alam. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan, 6*(2), 202–213. doi:10.23887/jppp.v6i2.46908
- Langran, E., & DeWitt, J. (2020). *Navigating place-based learning: Mapping for a better world*. Springer. doi:10.1007/978-3-030-55673-0\_1
- Maryadi, M., Sari, E. K., Zarkasyi, A., & Mizunaga, H. (2024). Three-dimensional magnetotelluric and gravimetric imaging of Mount Lawu geothermal prospect area, Indonesia. *Geothermics, 118*, 102917. doi:10.1016/j.geothermics.2024.102917
- Milo, P., Vágner, M., Tencer, T., & Murín, I. (2022). Application of geophysical methods in archaeological survey of early medieval fortifications. *Remote Sensing, 14*(10), 2471. doi:10.3390/rs14102471
- Papadopoulos, N. G., Tsourlos, P., Tsokas, G. N., & Sarris, A. (2006). Two-dimensional and three-dimensional resistivity imaging in archaeological site investigation. *Archaeological Prospection, 13*(3), 163–181. doi:10.1002/arp.276
- Permana, I. M. J., & Sujana, I. W. (2022). Aplikasi pembelajaran IPS berbasis pendekatan kontekstual. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan, 5*(1). doi:10.23887/jppp.v5i1.32445
- Pertiwi, T. B., Daud, Y., & Fahmi, F. (2023). Investigation of geological structure using magnetotelluric and gravity data optimization on non-volcanic geothermal, Bora, centre of Sulawesi. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, 8*(2-2), 13–17. doi:10.25299/jgeet.2023.8.02-2.13876
- Sasmita, Z. A. G., Widodo, W., & Indana, S. (2023). Contextual based learning media development to train creative thinking skill in primary school. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research, 2*(4). doi:10.46245/ijorer.v2i4.124
- Wardani, N. F. K., Sunardi, & Suharno. (2023). Context-based thematic teaching materials to improve elementary students' learning achievements. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia), 9*(2). doi:10.23887/jpi-undiksha.v9i2.22822
- Yanis, M., Ismail, N., Paembonan, A. Y., Abdullah, F., Zainal, M., Ajis, A. A., & Ghani, A. A. (2025). Application of geophysical methods for mapping the buried archaeological heritage from the 13th century in Aceh Sultanate of Lamuri, Indonesia. *Engineering Journal, 29*(8), 109–124. doi:10.4186/ej.2025.29.8.109