



# IDENTIFIKASI DUGAAN SITUS PURBAKALA MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI WENNER DI SITUS ALASSUMUR, KABUPATEN BONDOWOSO

Juan Pandu Gya Nur Rochman\*, Amien Widodo, Thufeil Amr Adausy dan  
Hanif Dhiyaz Ulhaq F

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

\*[juanpandu@geofisika.its.ac.id](mailto:juanpandu@geofisika.its.ac.id)

Received 13-08-2021, Revised 05-03-2022, Accepted 16-03-2022

Available Online 17-03-2022, Published Regularly April 2022

## ABSTRACT

The discovery of ancient brick structures in Alas Sumur Village, Pujer District, Bondowoso Regency is interesting to study, because so far Bondowoso Regency is generally in the form of relics of the large stone age, namely Megalithic Sites. The purpose of this study was to identify the brick structure at the site. The method used is the Wenner configuration geoelectric method which can describe the subsurface conditions and the estimated structure of the bricks based on differences in rock resistivity values. The number of measurement tracks is 4 tracks, with a length of 1.3, and 4 tracks that are 48 meters long with a space of 1 meter, while track 2 is 96 meters long with a space of 2 meters. Data processing results in the form of cross-sectional data resistivity values. Based on the processing results, obtained lithology of breccia rocks, andesite rocks, and sandy clay. The distribution of the resistivity values of breccia has a range of values (34 – 101 meters), andesite rocks have a range of (102 – 141 meters), sandy clay rocks have a range (26 – 33 meters), anomalies are detected with a range of values (19 – 25 $\Omega$ meters) as bricks. . These anomalies are found on paths 1, 3, and 4. The discovery of these anomalies is expected to help related parties to carry out further development processes.

Keywords : alassumu; bricks; resistivity; wenner.

## ABSTRAK

Penemuan struktur batubata kuno di Desa Alas Sumur, Kecamatan Pujer Kabupaten Bondowoso menjadi menarik untuk diteliti, karena selama ini Kabupaten Bondowoso umumnya berupa peninggalan zaman batu besar yaitu Situs Megalithikum. Tujuan penelitian ini adalah untuk identifikasi struktur batu bata di situs tersebut. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik konfigurasi wenner yang dapat menggambarkan kondisi bawah permukaan dan dugaan stuktur batu bata berdasarkan perbedaan nilai resistivitas batuan. Jumlah Lintasan pengukuran sebanyak 4 lintasan, dengan panjang untuk lintasan 1,3, dan 4 sepanjang 48 meter dengan spasi 1 meter sedangkan lintasan 2 sepanjang 96 meter dengan spasi 2 meter. Data hasil pengolahan berupa data penampang nilai resistivitas. Berdasarkan hasil pengolahan, didapatkan litologi batuan breksi, batuan andesit, dan lempung pasir. Persebaran nilai resistivitas batuan breksi memiliki range nilai (34 – 101  $\Omega$ meter), batuan andesit memiliki range (102 – 141  $\Omega$ meter), batuan lempung pasir memiliki range (26 – 33  $\Omega$ meter), anomali terdeteksi dengan range nilai (19 - 25 $\Omega$ meter) sebagai batubata. Anomali tersebut terdapat pada lintasan 1, 3, dan 4. Penemuan anomali tersebut diharapkan dapat membantu pihak terkait untuk melakukan proses pengembangan selanjutnya.

Kata kunci : alassumur; batubata; resistivitas; *wenner*.

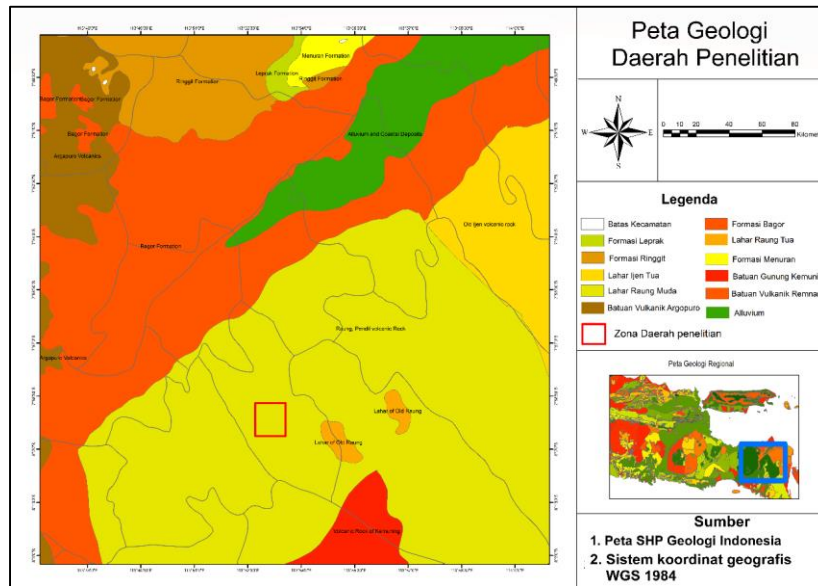
## PENDAHULUAN

Kabupaten Bondowoso merupakan daerah yang terkenal akan peninggalan masa megalitikum<sup>[1]</sup>. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya pecahan-pecahan benda peninggalan berupa sarkofagus, kubur bilik, menhir, dolmen maupun batu dalkon yang tersebar di beberapa kecamatan<sup>[2]</sup>. Baru-baru ini ditemukan struktur yang diduga situs peninggalan purbakala di Desa Alas Sumur, Kecamatan Pujer. Penemuan bermula setelah seorang warga menggali sumur untuk mencari air bersih, namun sesuatu janggal dengan penemuan batu bata kuno dengan arah barat laut - tenggara. Hal ini menjadi penemuan menarik karena baru saat ini ditemukan jejak kesinambungan peradaban di Bondowoso yang tidak hanya berhenti pada zaman megalitikum. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mengenai singkapan struktur batu bata ini perlu dilakukan, salah satunya dengan menggunakan metode dalam geofisika. Metode yang umum digunakan adalah metode geolistrik. Geolistrik adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mendeteksinya di bawah permukaan bumi.

Prinsip kerja geolistrik yaitu dengan menginjeksikan arus listrik ke permukaan tanah melalui elektroda dan mengukur beda potensial dengan elektroda lain<sup>[3]</sup>. Metode ini menghasilkan nilai resistivitas bawah permukaan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan dari injeksi arus listrik ke dalam bumi. Berdasarkan nilai resistivitas hasil pengukuran, dapat diketahui kondisi bawah permukaan bumi. Metode geolistrik telah terbukti efektif dan relatif murah digunakan untuk memetakan situs – situs arkeologi<sup>[4]</sup>, diantaranya Identifikasi Situs Maelang Banyuwangi Jawa Timur<sup>[5]</sup>, Situs Kadipaten Terung Sidoarjo<sup>[6,7]</sup>, dan Identifikasi Batuan Pondasi Candi Badut<sup>[8]</sup>. Penggunaan metode geolistrik ini diharapkan mampu untuk mendeteksi struktur bata sehingga mempermudah dalam perencanaan pelestarian situs arkeologi ini.

## GEOLOGI REGIONAL

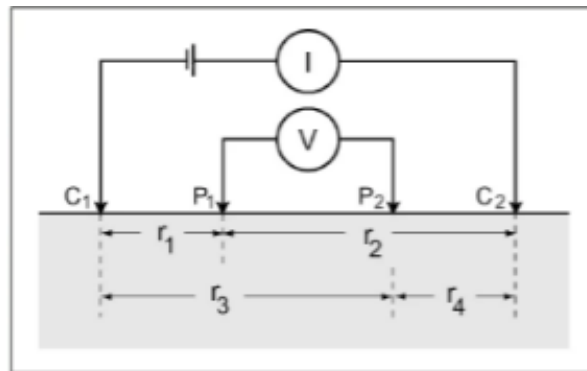
Lokasi penelitian termasuk ke dalam formasi batuan gunungapi raung muda (Qhvr)<sup>[9]</sup>. Litologi penyusunnya merupakan batuan breksi dan tuff. Batuan gunungapi tersusun atas tufa dan breksi gunung api batuapung yang berlapis tebal. Tufa berwarna coklat atau kemerahan, sebagian besar lapuk. Breksi gunungapi terdiri atas komponen basal, andesit dan obsidian pada matriks batupasir tufaan kasar, fragmen berukuran angular sub dan sortasi buruk. Pada Gambar 1 merupakan peta geologi daerah penelitian.



**Gambar 1.** Geologi Daerah Penelitian [9].

## GEOLISTRIK RESISTIVITAS

Metode geolistrik pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui susunan, kedalaman, dan penyebaran lapisan arkeologi di bawah permukaan berdasarkan harga tahanan jenis yang diperoleh.



**Gambar 2.** Konsep Geolistrik Resistivitas

Prinsip metode geolistrik ini dengan cara mengalirkan arus listrik searah (DC) ke dalam bumi melalui sepasang elektrode arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ), yang kemudian diterima oleh sepasang elektrode potensial ( $P_1$  dan  $P_2$ )<sup>[10]</sup>, seperti pada Gambar 2. Dari data pengukuran di lapangan, data yang dihasilkan merupakan data resistivitas semu dengan persamaan dibawah :

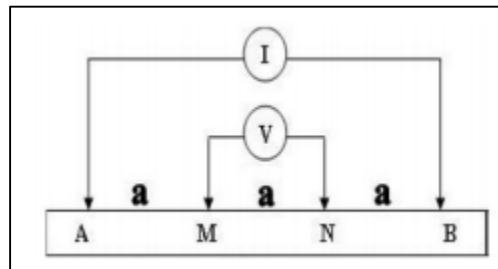
$$\rho_{\alpha} = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}\right)\right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

$$\rho_{\alpha} = K \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

Dimana :

- $\rho_{\alpha}$  : Tahanan jenis semu ( $\Omega$ meter)  
 $r_1, r_2, r_3, r_4$  : Jarak antar elektroda arus dan potensial (meter)  
 $\Delta V$  : Beda Potensial (mV)  
 $I$  : Kuat arus yang dialirkan (milliampere)  
 $K$  : Faktor geometri

Salah satu konfigurasi yang baik untuk studi kasus arkeologi yang dangkah adalah konfigurasi *Wenner* karena memiliki resolusi bagus secara lateral <sup>[3]</sup> <sup>[11]</sup>. Pada konfigurasi *wenner* jarak elektroda antara potensial dan arus (ABMN) memiliki jarak yang sama adalah  $a$  untuk *layer* 1, untuk *layer* 2 jaraknya  $2a$  dan seterusnya. Untuk menghitung faktor geometri konfigurasi *wenner*  $R_1 = a$  rincian (A dan M),  $R_2 = 2a$  dengan rincian (AN),  $R_3 =$  dengan rincian (BM), dan  $R_4 = (BN)$  seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Konfigurasi Wenner

Faktor geometri ( $K$ ) konfigurasi *Wenner* berdasarkan persamaan 1 dan 2 yaitu sebagai berikut :

$$K = 2\pi a \quad (3)$$

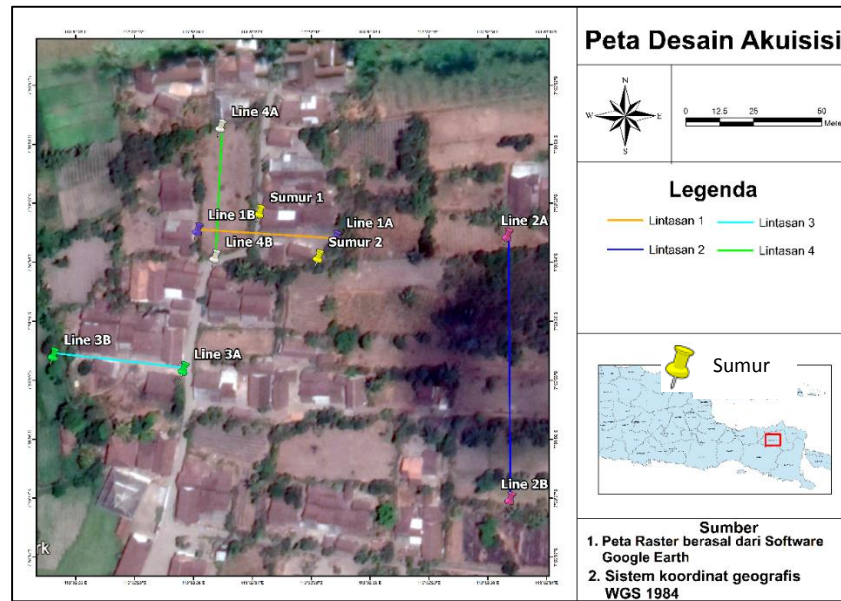
## RESISTIVITAS BATUAN

Nilai resistivitas batuan cukup bervariasi. Perbedaan nilai resistivitas diakibatkan materialnya yang terkandung di dalam batuan tersebut, antara lain : densitas, porositas, ukuran dan bentuk pori-pori batuan, serta seberapa tahan terhadap kandungan air. Nilai resistivitas beberapa litologi batuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan <sup>[12]</sup>

No.	Litologi	Nilai Resistivitas ( $\Omega$ meter)
1.	Lempung	10 – 200
2.	Pasir	100 – 600
3.	Alluvium	10 - 800
4.	Breksi	100 - 500
5.	Andesit	100 - 1000





**Gambar 4.** Desain akuisisi penelitian

Lokasi penelitian berada di desa Alas Sumur, Kecamatan Pujer, Kabupaten Bondowoso. Pengukuran dilaksanakan pada tanggal 20 – 22 November 2020 selama 3 hari, dengan total 4 lintasan. Lokasi penelitian berada di pemukiman warga yang padat dan ladang warga yang cukup lebar. Sehingga penentuan lokasi lintasan, panjang lintasan dan spasi masing – masing lintasan disesuaikan dengan kondisi real di lapangan (Gambar 5). Pada lintasan 1, 3, dan 4 digunakan spasi pengukuran 1 meter, sedangkan pada lintasan 2 digunakan spasi 2 m (Tabel 2). Spasi yang rapat ini dibutuhkan untuk mendapatkan resolusi hasil yang detail.

**Tabel 2.** Data lintasan akuisisi

Lintasan	Spasi Elektroda (m)	Latitude	Longitude	Panjang Lintasan (m)	Arah
<b>Lintasan 1</b>	1	7°59'53.63"S	113°52'28.09"E	48	Timur - Barat
		7°59'53.53"S	113°52'26.45"E		
<b>Lintasan 2</b>	2	7°59'53.60"S	113°52'30.14"E	96	Selatan - Utara
		7°59'56.73"S	113°52'30.17"E		
<b>Lintasan 3</b>	1	7°59'55.19"S	113°52'26.28"E	48	Selatan - Utara
		7°59'55.02"S	113°52'24.74"E		
<b>Lintasan 4</b>	1	7°59'52.31"S	113°52'26.73"E	48	Timur - Barat
		7°59'53.85"S	113°52'26.66"E		



**Gambar 5.** Alat ukur Geolistrik Multichannel MAE X612-EM

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah geolistrik *multichannel* MAE X612-EM (Gambar 6). Dari pengukuran data yang diperoleh antara lain beda potensial ( $V$ ), besar arus listrik ( $I$ ). Hasil perhitungan yang diperoleh dari akuisisi data didapatkan resistivitas semu ( $\rho$ ), dikarenakan bumi (bawah permukaan) tidak bersifat homogen. Pengolahan data dilakukan dengan menghitung faktor geometri dari konfigurasi Wenner untuk menghilangkan pengaruh letak elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus. Setelah diperoleh hasil faktor geometri dari konfigurasi Wenner kemudian menghitung resistivitas semu dan melakukan proses inversi dengan software Res2Dinv untuk memperoleh penampang 2D.

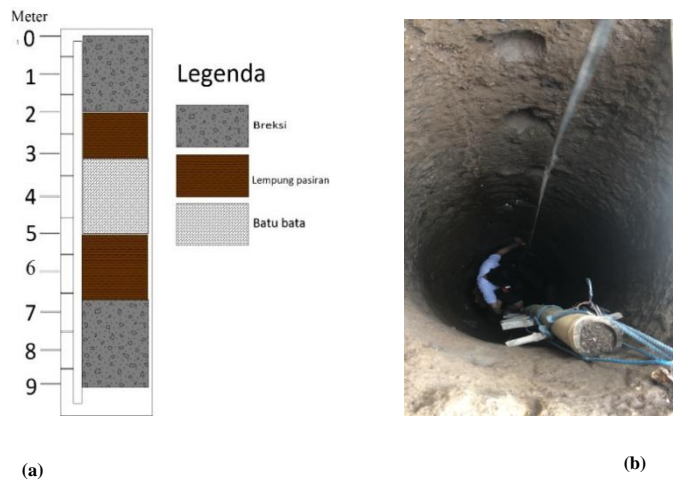
Metode inversi yang digunakan adalah metode *Smoothness-Constrained Least-Square*. Metode ini dapat meminimalkan perbedaan antara data lapangan dan model prediksi yang dapat dilihat dari penampang 2D dan menghasilkan model dengan variasi nilai resistivitas yang *smooth* sehingga cocok untuk studi ketebalan sedimen atau litologi bawah permukaan<sup>[13]</sup>. Proses iterasi digunakan untuk mendapatkan error hingga di bawah 5%<sup>[14]</sup>. Dari pengolahan data, Langkah selanjutnya merupakan interpretasi data. Interpretasi data dilakukan dengan menggunakan pendekatan parameter nilai-nilai resistivitas material (benda) dari penampang 2D hasil Res2Dinv. Penampang 2D yang didapatkan, lalu diinterpretasikan dengan data pendukung berupa peta geologi regional lembar Besuki, peta geologi Gunungapi Raung, stratigrafi terukur yang dilakukan di dalam sumur gali, dan penelitian yang terkait.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data stratigrafi terukur (sumur gali) sebagai data pendukung dan sebagai data acuan. Sumur terletak pada koordinat  $113^{\circ}87'42.19''S$ ,  $7.99^{\circ}81.45''E$ . Data ini diambil dengan cara turun ke sumur dengan tali seadanya dan dilakukan dengan metode meraba dengan mengambil sampel yang bisa diambil dan melihat warna tiap perbedaan litologi. Pengamatan stratigrafi ini membuahkan hasil bahwa dari kedalaman 0 meter dari

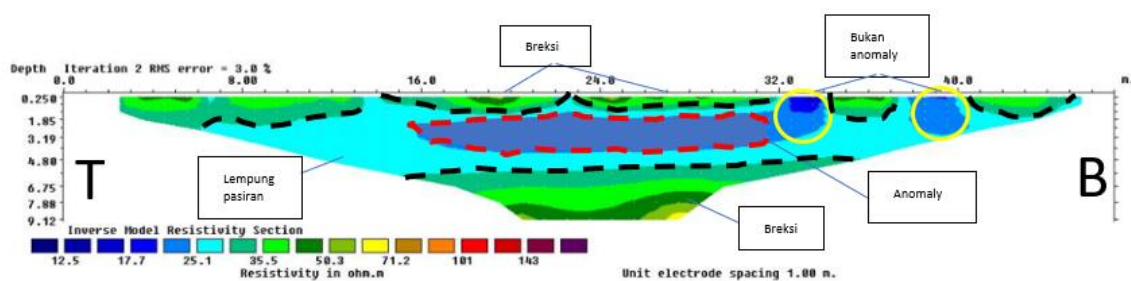


permukaan hingga 8 meter tersusun atas batuan breksi vulkanik dan lempung pasir. Pada Gambar 7 ditunjukkan susunan stratigrafi terukur hasil pengamatan.



Gambar 7. (a). Hasil data stratigrafi terukur, (b). Sumur pengambilan data stratigrafi

Hasil dari stratigrafi terukur merupakan acuan untuk melakukan interpretasi lanjut dari data pengukuran geolistrik. Dengan adanya data tersebut diharapkan bisa sebagai data tambahan selain berdasarkan data geologi regional lembar Besuki maupun peta geologi gunungapi Raung. Selain itu terdapat data pendukung yaitu penelitian di daerah Grujugan, Bondowoso dengan persebaran nilai  $10,1 \Omega\text{m} - 32 \Omega\text{m}$  sebagai Alluvium, lempung dan pasir. Rentang nilai  $101 \Omega\text{m} - 321 \Omega\text{m}$  sebagai andesit<sup>(2)</sup>. Dari data pendukung tersebut dilakukan interpretasi sebagai referensi nilai resistivitas dan litologi hasil penampang. Pada saat interpretasi data, dari tiap penampang *range* resistivitas disamakan guna mempermudah proses interpretasi. Proses penyamaan *range* resistivitas melihat persebaran tiap penampang. Berikut merupakan pembahasan dari penampang tiap lintasan.

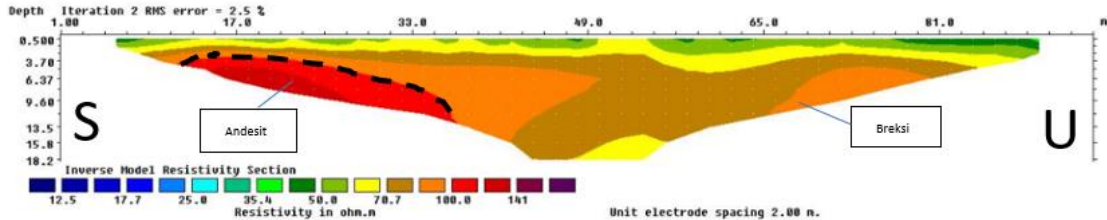


Gambar 8. Penampang lintasan 1

Penampang lintasan 1 yang berarah timur-barat (Gambar 8) dengan nilai *rms error* sebesar 3%. Persebaran nilai resistivitas yang ditunjukkan pada penampang lintasan 1 memiliki *range*  $12,5 \Omega\text{m} - 143 \Omega\text{m}$ . Nilai resistivitas  $34 \Omega\text{m} - 101 \Omega\text{m}$  diinterpretasi sebagai batuan breksi. Daerah penelitian termasuk daerah batuan gunung api raung muda (Qhvr) yang terdapat

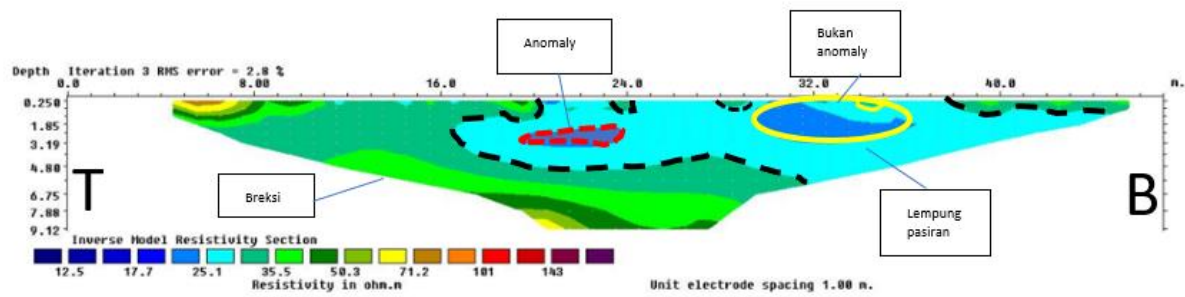


batuan breksi dan divalidasi dengan adanya data pengukuran stratigrafi terukur. Nilai resistivitas  $26 \Omega\text{m} - 33 \Omega\text{m}$  diinterpretasi merupakan batuan lempung pasiran. Daerah penelitian merupakan lahar puger berdasarkan pada data pendukung peta geologi gunung api Raung dengan terdapat adanya pengendapan yang terbawa oleh aliran lahar gunung api Raung. Anomali terdapat pada penampang dengan *range* nilai resistivitas  $19 \Omega\text{m} - 25 \Omega\text{m}$ . Anomali tersebut dihipit oleh litologi lempung pasiran, dan secara desain akuisisi memotong tepat pada meter ke 22 hingga 24 dan jelas terdapat anomali dengan kedalaman tersebut. Dari hasil interpretasi lintasan 1, maka dijadikan sebagai acuan untuk interpretasi lintasan selanjutnya. Nilai resistivitas batu bata ini yang menjadi kunci dalam identifikasi lintasan lainnya. Pada lingkaran kuning pada hasil penampang merupakan bukan anomali dikarenakan pada elektroda 32 dan 40 terdapat *paving* sehingga menggunakan elektroda plat dan hasilnya nilai resistivitas sangat rendah, sehingga didefinisikan bukan zona *interest* yang dicari.



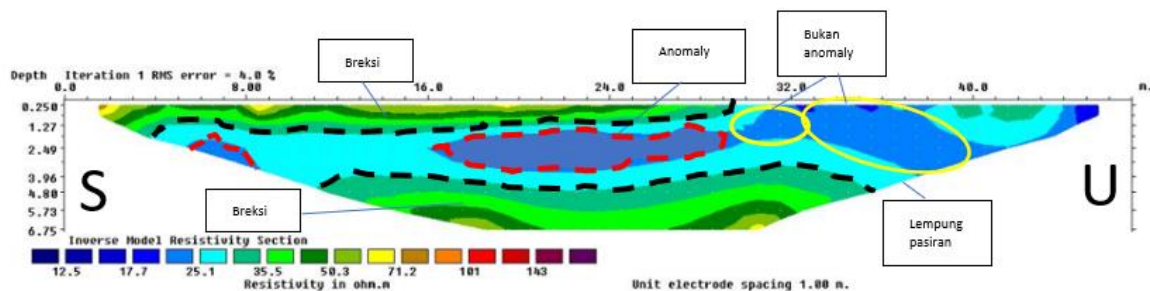
**Gambar 9.** Penampang lintasan 2

Pada hasil pengolahan lintasan 2 (Gambar 9) memiliki rms yang paling rendah dibandingkan dengan lintasan yang lain yaitu sebesar 2.5%. Lintasan ini memiliki orientasi arah selatan – utara, dengan rentang persebaran nilai resistivitas  $34 \Omega\text{m} - 143 \Omega\text{m}$ . Intepretasi pada lintasan ini memiliki 2 jenis litologi yaitu breksi dengan nilai resistivitas  $34 \Omega\text{m} - 101 \Omega\text{m}$  dan andesit dengan nilai resistivitas  $102 \Omega\text{m} - 141 \Omega\text{m}$ . Pada lintasan kedua tidak ditemukan adanya anomali dugaan batu bata, dikarenakan persebaran nilai resistivitas cukup tinggi. Diduga kuat karena tumbuhan yang cukup lebat pada daerah penelitian dan juga dijustifikasi bahwa lintasan ini tidak terdapat adanya pengendapan yang terjadi pada stratigrafi endapan sekunder. Sehingga, litologi yang ada pada penampang nilai resistivitas tinggi merupakan batuan yang memiliki matriks fragmen kompak.



Gambar 10. Penampang lintasan 3

Interpretasi pada lintasan ketiga ini terdapat 2 litologi yang mendominasi yaitu breksi dengan nilai resistivitas  $34 \Omega\text{m} - 101 \Omega\text{m}$  dan lempung pasir dengan nilai resistivitas  $26 \Omega\text{m} - 33 \Omega\text{m}$ . Hal ini diduga pada saat proses pengendapan, tidak mengalami proses yang merata hal ini dibuktikan dengan penampang pada Gambar 10. Anomali terdapat pada penampang dengan *range* nilai resistivitas  $19 \Omega\text{m} - 25 \Omega\text{m}$ . Lingkaran warna kuning bukan anomali, dikarenakan fakta di lapangan menunjukkan adanya selokan yang tergenang air pada elektroda meter 30 – 32, nilai resistivitasnya sangat rendah, sehingga didefinisikan bukan *interest* yang dicari. Pada pengolahan lintasan 3 memiliki *rms error* sebesar 2.8%. Pada lintasan ini memiliki orientasi lintasannya berarah timur – barat.



Gambar 11. Penampang lintasan 4

Persebaran nilai resistivitas yang ditunjukkan pada penampang lintasan 4 (Gambar 11) memiliki *range*  $12.5 \Omega\text{m} - 143 \Omega\text{m}$ . Interpretasi nilai resistivitas  $34 \Omega\text{m} - 101 \Omega\text{m}$  sebagai breksi, nilai resistivitas  $26 \Omega\text{m} - 33 \Omega\text{m}$  sebagai lempung pasir. Anomali terdapat pada penampang dengan terdapat pada *range* nilai resistivitas  $19 \Omega\text{m} - 25 \Omega\text{m}$ . Berdasarkan hasil inversi anomali ditemukan pada tengah lintasan yang sesuai pada desain akuisisi memotong tepat pada dugaan arah kemenerusan tenggara-barat laut. Hal ini sudah sesuai dengan lintasan pertama yang merupakan validator. Faktor cuaca juga mempengaruhi hasil inversi yang dilakukan, dengan hasil data akhir membuat litologi berubah menjadi nilai resistivitas rendah pada dari elektroda 32 hingga 48. Hal itu membuat faktor pembacaan inversi menjadikan penampang memiliki nilai resistivitas yang rendah. Pada lintasan 4 memiliki arah lintasan selatan – utara.

Dari hasil pengolahan dan interpretasi pada keempat lintasan, anomali ditemukan pada litologi lempung pasir. Anomali terkubur, diduga berasal dari adanya pengendapan di daerah penelitian akibat aliran lahar gunung api Raung. Berdasarkan fasies gunung api, daerah penelitian termasuk ke dalam fasies distal. Dibuktikan fasies distal sebagai daerah pengendapan terjauh dari sumber dan didominasi oleh endapan rombakan gunung api seperti halnya breksi lahar, breksi fluvial, konglomerat, batupasir, dan batulanau<sup>[15]</sup>. Hal tersebut diperkuat dengan adanya kali Sampean yang dekat dengan daerah penelitian merupakan jalur dari aliran lahar puger.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa litologi penyusun di daerah penelitian berupa batuan Breksi, Lempung pasir, dan Andesit. Masing masing memiliki *range* yang berbeda dengan nilai 26 – 33  $\Omega$ m sebagai lempung pasir, 34 – 101  $\Omega$ m sebagai breksi, 102 – 143  $\Omega$ m sebagai andesit. Anomali yang berasosiasi dengan batu bata mempunyai rentang nilai resistivitas 19 – 25  $\Omega$ m, yaitu terindikasi pada lintasan 1 dengan kedalaman 3 – 5 meter, lintasan 3 dengan kedalaman 3 – 5 meter, dan lintasan 4 terdapat 2 posisi masing-masing dengan kedalaman 2,5 – 4 meter. Hasil tersebut menunjukkan kesesuaian dengan stratigrafi daerah penelitian yang divalidasi melalui pengukuran stratigrafi secara langsung. Penemuan struktur anomali tersebut dapat dimanfaatkan oleh dinas terkait untuk dikaji lebih lanjut atau dilakukan pengembangan proses selanjutnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DPRD Kabupaten Bondowoso, Dinas Pendidikan Kabupaten Bondowoso dan Balai Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) Jawa Timur atas kerjasamanya dalam penelitian di Situs Alas Sumur Kabupaten Bondowoso ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Amalia, R., Megalitik, S., Kecamatan, P., Amalia, R., & Swastika, K. 2013. *Situs Megalitik di Desa Penanggungan Kecamatan Maesan Kabupaten Bondowoso sebagai Sumber Pembelajaran Sejarah ( Megalitic Site at Penanggungan Village Maesan Subdistrict Bondowoso Regency as History Learning Source )*.
2. Karisma, U. 2013. Pola Distribusi Resistivitas Bawah Permukaan Situs Megalitikum Dengan Metode Geolistrik RES3D di Kecamatan Grujung Kabupaten Bondowoso. *Skripsi*, FMIPA Universitas Jember, Jember.
3. Loke, M. H. 1999. *A Practical Guide to 2D and 3D Surveys*. Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies, 8-10.
4. Isdarmadi, K., Susilo, A., Sunaryo, S. 2013. Estimation of Structures Under Ancient Archaeological Sites Site of Jabung Temple, Probolinggo, Indonesia Using Geolistrik Resistivity Method. *Nat. B J. Health Environ. Sci.*, 2, 50–57.

5. Fauzan, M., & Purwanto, M. S. 2017. Penerapan Metode Resistivitas 2D untuk Identifikasi Bawah Permukaan Situs Maelang Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 6(2).
6. Widodo, A., Syaifuddin, F., Vinca, V., Warnana, D. D., Rochman, J. P. G. N., Ariyanti, N., & Lestari, W. 2019. Data Acquisition of 2D Geophysical Resistivity Methods with Dipole-Dipole Configuration for Identification the Subsurface Brick Stone Sites of Kadipaten Terung Sidoarjo. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 546(2).
7. Widodo, A., Syaifuddin, F., Mudhofar, A., Warnana, D. D., Rochman, J. P. G. N., Ariyanti, N., & Lestari, W. 2019. Identification the subsurface structures of kadipaten terung site using surface 3d resistivity methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 546(3).
8. Luthfin, A., Cahyadi, H., & Jufri. 2020. Identifikasi Batuan Pondasi Candi ( Andesit ) di Bawah Permukaan Sekitar Candi Badut dengan Metode Geolistrik Resistivitas. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 10(2), 106–115.
9. Pendowo, B., Samodra, H. 1997. *Peta Geologi Lembar Besuki Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Indonesia
10. Reynolds, J.M. 1997. *An Intruduction to Applied and Enviromental Geophysics*. Chichester: Jhon Wiley & Sons Ltd.
11. Rochman, J. P. G. N., Widodo, A., Bahri, A. S., Syamsuddin, F., & Wien, L. 2017. Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Mengetahui Bawah Permukaan. *Geosaintek*, 1, 93–98.
12. Telford. W. M, Geldart. L. P, & Sheriff. R. E. 1990. *Applied Geophysics. Applied Geophysics. Second Edi*. New York: Cambridge and Hall.
13. Mia Azhari, Akmam, M. 2016. Analisis Jenis Batuan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner di Bukit Apit Puhun Kecamatan Guguk Panjang Kota Bukittinggi. *Pillar Of Physics*, 34(1), 1–4.
14. Loke, M. H. 2014. *RES2DINV Manual: Rapid 2-D Resistivity & IP inversion using the least-squares method: Geoelectrical Imaging 2-D & 3D GEOTOMO SOFTWARE*. [www.geoelectrical.co](http://www.geoelectrical.co).
15. Bronto, S. (2006). Fasies gunung api dan aplikasinya. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(2), 59–71.