Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Peninggalan Purbakala Situs Candi Jabung, Probolinggo, Indonesia Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

Kosmas Isdarmadi[1)*], Adi Susilo[2)], Sunaryo[2)]

[1)] SMAK St. Albertus (Dempo) Malang
[2)] Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Diterima 22 Januari 2013, direvisi 16 April 2013

ABSTRAK

Telah dilakukan pendugaan struktur bawah permukaan dengan metode geolistrik resistivitas mapping konfigurasi dipole-dipole di area peninggalan purbakala situs Candi Jabung yang terletak di desa Jabung Candi, kecamatan Paiton, kabupaten Probolinggo, provinsi Jawa Timur, Indonesia dengan menggunakan alat Resistivitymeter OYO MacOhm. Pendugaan ini bertujuan untuk mengetahui distribusi batuan di bawah permukaan area situs Candi Jabung, serta sebagai sumber informasi bagi usaha penemuan sisa-sisa benda purbakala yang masih terpendam dalam tanah. Akuisisi data dilakukan pada 10 lintasan ukur dan mencakup luas daerah pengukuran ±20.042 m^2. Lintasan pengukuran 1, 2, 3, 4, 5, 6 berada di sekitar Candi Menara Sudut dengan panjang lintasan 12 m dan jarak spasi elektroda 1 m. Lintasan 1 dan 4 melewati singkapan batuan candi Menara Sudut. Sedangkan lintasan 7, 8, 9, dan 10 berada di area halaman Candi Jabung. Lintasan 7 dan 8 dengan panjang lintasan 150 m dan jarak spasi 10 m, sedangkan lintasan 9 dan 10 panjang lintasannya 200 m dengan jarak spasi 4 m. Lintasan 8 melewati tepat di tengah-tengah bangunan candi Induk. Pengolahan data menggunakan software RES2DINV. Nilai resistivitas yang digunakan untuk menentukan batuan penyusun candi adalah nilai resistivitas batu bata. Dari hasil investigasi geolistrik dan interpretasi hasil investigasi itu diduga terdapat sisa batu bata penyusun pagar halaman Candi Jabung dengan nilai resistivitas 33,0 Ω.m sampai 92,6 Ω.m yang berada hingga kedalaman rata-rata 1,79 m, dan sisa bangunan lain di sekitar candi Induk. Hasil penelitian ini menunjukkan metode geolistrik sangat efektif untuk pendugaan struktur bawah permukaan tanah khususnya dalam bidang arkeologi, karena lebih cepat dan lebih murah dibandingkan dengan metode ekskavasi.

Kata kunci: pendugaan struktur bawah permukaan, situs Candi Jabung, geolistrik resistivitas.

ABSTRACT

The sounding of geoelectrical resistivity distribution using dipole-dipole configuration around the Jabung temple site located in the Jabung Candi village, Paiton, Probolinggo District, East Java province, Indonesia has been done by using Resistivitymeter OYO MacOhm. The aim of the research was to determine the distribution and depth of rock below the Jabung temple area also as an information for investigation and discovery efforts of ancient objects which are still burried. Aquisition are taken by ten lines and ±20.042 m^2 of coverage area. Line 1, 2, 3, 4, 5, 6 located around in Menara Sudut temple at length of measurement line12 m and at a distance of electrode spacing are 1 m, where lines 1 and 4 located in outcrop of Menara Sudut tample. While lines 7, 8, 9, and 10 located in all area of Jabung temple. Lines 7 and 8 have length of measurement lines 150 m with spacing 10 m, while lines 9 and 10 have length of measurement lines 200 m with spacing 4 m, where line 8 located pass to main Jabung tample. The processing of data was using RES2DINV software. Resistivity values that are used to determine the temple rock is the resistivity value of sandy clay. Base on geoelectrical investigation and interpretation shows the sandy clay as temple rock with resistivity value 33 Ω.m to 92.6 Ω.m on average depth of 1.79 m and the others remain of tample rock around the main Jabung tample. This research shows geoelectrical method is good idea to subsurface sounding especially for archeology case, it caused this method is simple and more cheap than ekskavation method.

Key word: subsurface sounding, Jabung Tample site, geolectrical resistivity.

---

*Coresponding author :
E-mail: kosmas_ub@yahoo.com

PENDAHULUAN

Candi Jabung yang berada di desa Jabung Candi, kecamatan Paiton, kabupaten Probolinggo adalah salah satu peninggalan sejarah dan purbakala. Candi ini didirikan pada tahun 1354 Masehi yang merupakan peninggalan kerajaan Majapahit [1]. Situs yang masih bisa dijumpai adalah dua bangunan utama yang terdiri atas satu bangunan candi induk dan satu bangunan yang disebut candi Menara Sudut. Yang menarik adalah material bangunan candi berupa batu bata merah berkualitas tinggi yang kemudian diukir dalam bentuk relief. Dalam perkembangannya candi ini kurang terpelihara, banyak kerusakan pada bangunannya, dan batas halaman-halaman candi sudah tidak tampak lagi.

Gambar 1. Bangunan Induk Candi Jabung.

Gambar 2. Bangunan Candi Menara Sudut yang terletak di sebelah barat daya candi induk.

Berdasarkan informasi dari Badan Pemeliharaan Peninggalan Purbakala Jawa Timur yang berpusat di Trowulan Mojokerto, belum pernah dilakukan penelitian geofisika pada bidang arkeologi khususnya pada candi-candi di Jawa Timur. Pada tahun 1983 Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Kantor Wilayah Propinsi Jawa Timur melalui Badan Pemeliharaan Peninggalan Purbakala Jawa Timur melakukan pemugaran pada candi Jabung Probolinggo. Pemugaran dilakukan terutama pada bangunan fisik candi, karena kerusakannya cukup parah. Selain itu juga dilakukan ekskavasi (penggalian) pada 10 titik lubang di seluruh area halaman candi. Ekskavasi itu dilakukan untuk menemukan adanya sisa bangunan lain yang biasanya ada di sekitar bangunan candi induk dan sisa pagar halaman. Selanjutnya dilakukan pendugaan pola dan denah halaman candi [2]. Dari pemugaran yang telah dilakukan selama 2 tahun diperoleh hasil bangunan candi induk Jabung (Gambar 1), dan candi Menara Sudut (Gambar 2) menjadi utuh kembali, tampak bersih dan indah. Selain itu dari hasil ekskavasi serta dengan melihat sisi bagian yang terputus dari candi Menara Sudut, tim Pemugaran Candi Jabung juga melakukan pendugaan denah halaman candi. Pada laporan hasil pemugaran candi Jabung tim pemugaran menduga pola halaman candi Jabung mengikuti pola halaman berpagar selapis. Diduga halaman berbentuk segi-empat dan masih terdapat tiga bangunan lain yang serupa dengan candi Menara Sudut yang berada pada ketiga penjuru halaman yang lain, dan pagar sebagai batas halaman menghubungkan keempat bangunan itu.

Hingga saat ini hanya ada 2 bangunan saja yang tersingkap, yaitu candi induk dan candi Menara Sudut. Bangunan-bangunan lain belum ditemukan, pagar halaman juga belum ada. Fasilitas-fasilitas umum seperti halaman parkir, kamar mandi/WC umum, kantin, dll juga belum ada. Hal inilah yang kemungkinan besar menyebabkan candi ini kurang diminati oleh wisatawan, sehingga kurang memberikan nilai

lebih bagi perpariwisataan kabupaten Probolinggo.

Dalam bidang arkeologi pemugaran lanjutan dari sebuah situs biasanya harus dilakukan dengan ekskavasi menyeluruh pada seluruh area tanah/halaman di sekitar situs. Berdasarkan informasi dari Badan Pemeliharaan Peninggalan Purbakala Jawa Timur, satu lubang galian ekskavasi yang berukuran 2m x 2m x 2m mulai dari penggalian hingga analisa hasil membutuhkan biaya sekitar Rp. 6 – 7 juta, sehingga jika hal itu dilakukan pada area halaman candi Jabung akan membutuhkan biaya yang sangat besar dan waktu yang lama.

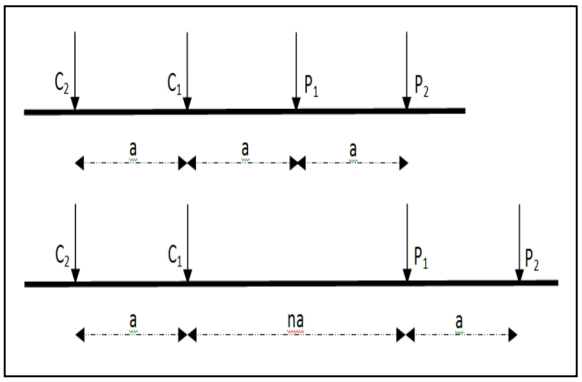
Berdasarkan hal di atas peneliti melakukan pendugaan struktur bawah permukaan halaman candi Jabung menggunakan salah satu metode geofisika yaitu metode geolistrik yang meliputi struktur lapisan batuan, konstruksi sisa-sisa pondasi/bangunan di sekitar candi termasuk sisa-sisa pondasi pagar halaman. Dibandingkan dengan metode Ekskavasi, metode Geolistrik lebih efektif, karena lebih murah dan lebih cepat.

Metode geolistrik yang digunakan adalah metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Dipole-Dipole. Ada dua alasan mengapa dipilih metode ini: *pertama* karena rendahnya efek elektromagnetik yang ditimbulkan antara sirkuit arus dan potensial, *kedua* data *pseudosection* akan memberikan gambaran yang baik secara lateral maupun vertikal, karena penyajian datanya berbentuk gambar kontur ke arah kedalaman, sehingga variasi lateral dan vertikal langsung terlihat [3].

Dengan metode ini dapat diperoleh gambaran struktur bawah permukaan area halaman candi Jabung. Gambaran itu meliputi gambaran struktur lapisan batuan, konstruksi sisa-sisa pondasi/bangunan di sekitar candi termasuk sisa-sisa pondasi pagar halaman tanpa melakukan ekskavasi.

METODE PENELITIAN

Metode geolistrik resistivitas ini sangat efektif digunakan untuk eksplorasi dangkal, untuk pencarian air bawah tanah [4], eksplorasi batubara [5], eksplorasi geothermal [6-7], arkeologi [8], dan geofisika lingkungan [9]. Dalam penelitian ini metode geolistrik resistivitas di gunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan di area situs Purbakala Candi Jabung, kecamatan Paiton, kabupaten Probolinggo. Teknik pengukuran geolistrik resistivitas yang digunakan adalah teknik mapping menggunakan konfigurasi dipole-dipole seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Susunan elektroda metode geolistrik konfigurasi dipole-dipole.

Pengambilan data pada lintasan pengukuran tersebut dilakukan dengan cara mengalirkan arus ke dalam tanah melalui dua buah elektroda arus (C_1 dan C_2), beda potensial yang ditimbulkan oleh arus ini diukur di permukaan tanah dengan menggunakan dua buah elektroda potensial tak terpolarisasikan (P_1dan P_2). Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai tahanan jenis semu batuan. Setelah dikalikan dengan faktor geometri K, maka diperoleh nilai resistivitas batuan target. Kedalaman pengukuran dapat ditambah dengan menambah panjang lintasan pengukuran.

Obyek dari penelitian ini adalah batuan penyusun candi pada Situs Purbakala Candi Jabung dan benda-benda purbakala yang masih terpendam dalam tanah. Batuan dan benda-benda purbakala yang berada di bawah permukaan tersebut dapat terdeteksi dari nilai resistivitasnya.

Gambar 4 menunjukkan lintasan pengukuran geolistrik di area candi jabung menggunakan Resistivitymeter OYO MacOhm

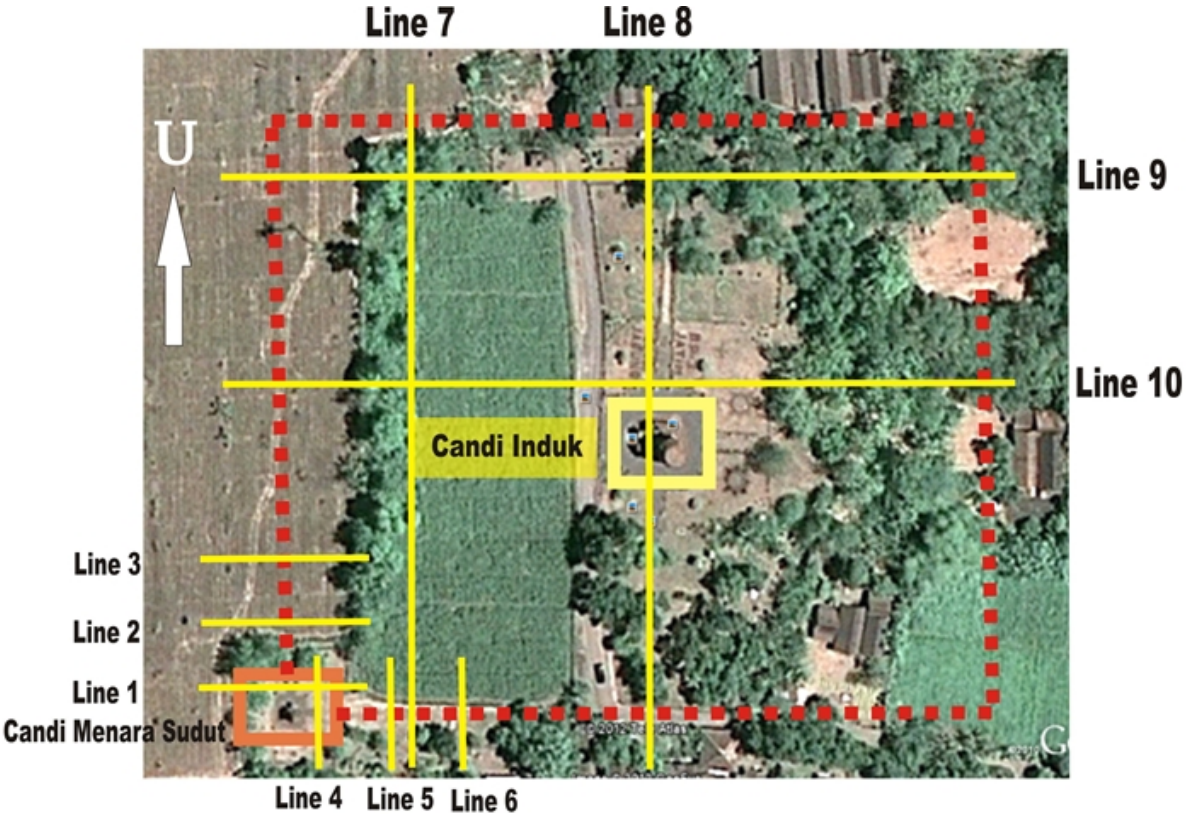
Garis kuning merupakan lintasan pengukuran geolistrik. Garis merah merupakan pendugaan pagar halaman Candi. Pada gambar tersebut dapat dilihat ada 10 lintasan ukur yang mencakup luas daerah pengukuran ± 20.042 m^2. Lintasan pengukuran 1, 2, 3, 4, 5, 6 berada di sekitar candi Menara Sudut dengan panjang lintasan 12 m dan jarak antar elektroda/spasi 1 m, lintasan 7 dan 8 membentang dari arah selatan ke utara sepanjang 150 m dengan jarak spasi 10 m, sedangkan lintasan 9 dan 10 membentang dari arah barat ke timur sepanjang 200 m dengan jarak spasi 4 m.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software Res2dinv yaitu dengan inversi 2D. Metode inversi yang dipilih adalah metode *smoothness-constrained least-squares*. Keung-gulan metode *least-squares* ini sudah dijelaskan dalam beberapa publikasi [11-12]. Hasil akhir dari proses inversi adalah model struktur bawah permukaan 2D dengan nilai resistivitas yang sesungguhnya dengan variasi kedalaman yang sebenarnya. Dengan mengetahui nilai resistivitas yang sesungguhnya dengan variasi kedalaman yang sebenarnya maka dapat dilakukan pendugaan penyebaran dan kedalaman batuan di bawah permukaan area Situs Purbakala Candi Jabung.

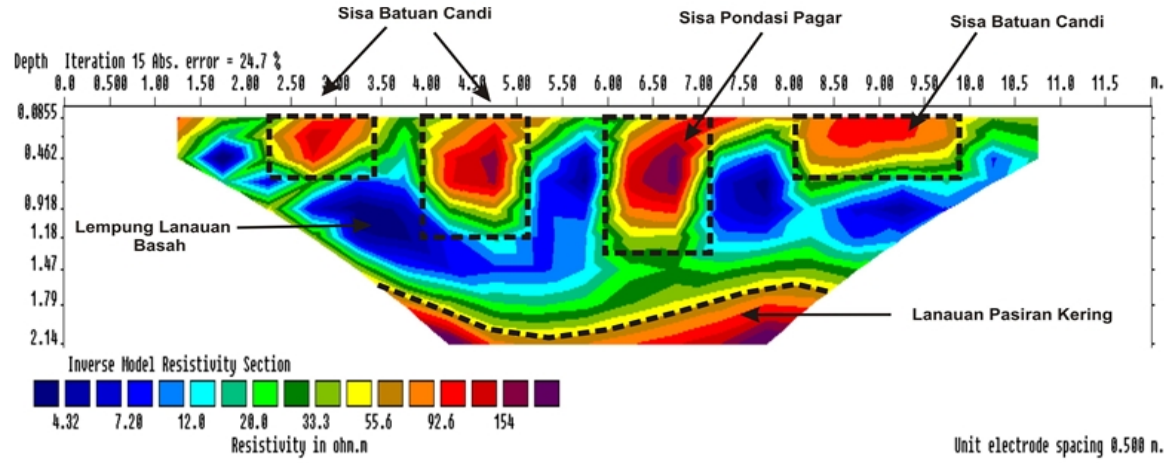
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendugaan dengan metode resistivitas konfigurasi Dipole-Dipole di sekitar Situs Purbakala Candi Jabung telah dilakukan pada 10 lintasan pengukuran. Investigasi Geolistrik di Sekitar Candi Menara Sudut (Lintasan 1 s.d. 6)

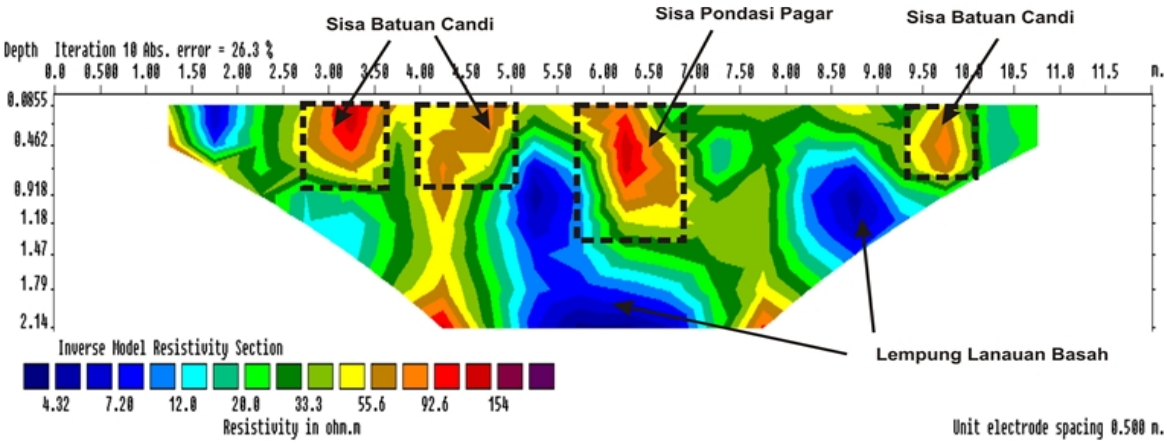
Panjang lintasan 1 adalah 12 m dengan jarak antar elektroda/spasi 1 m, dan diperoleh gambaran pencitraan bawah permukaan tanahnya seperti pada Gambar 5.



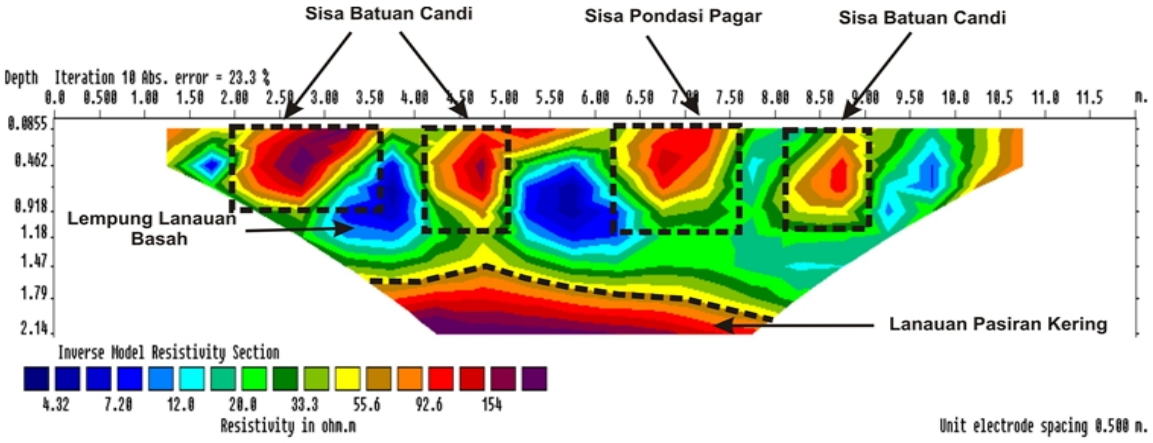
Gambar 4. Lintasan Pengukuran Geolistrik konfigurasi dipole-dipole di area Candi Jabung.



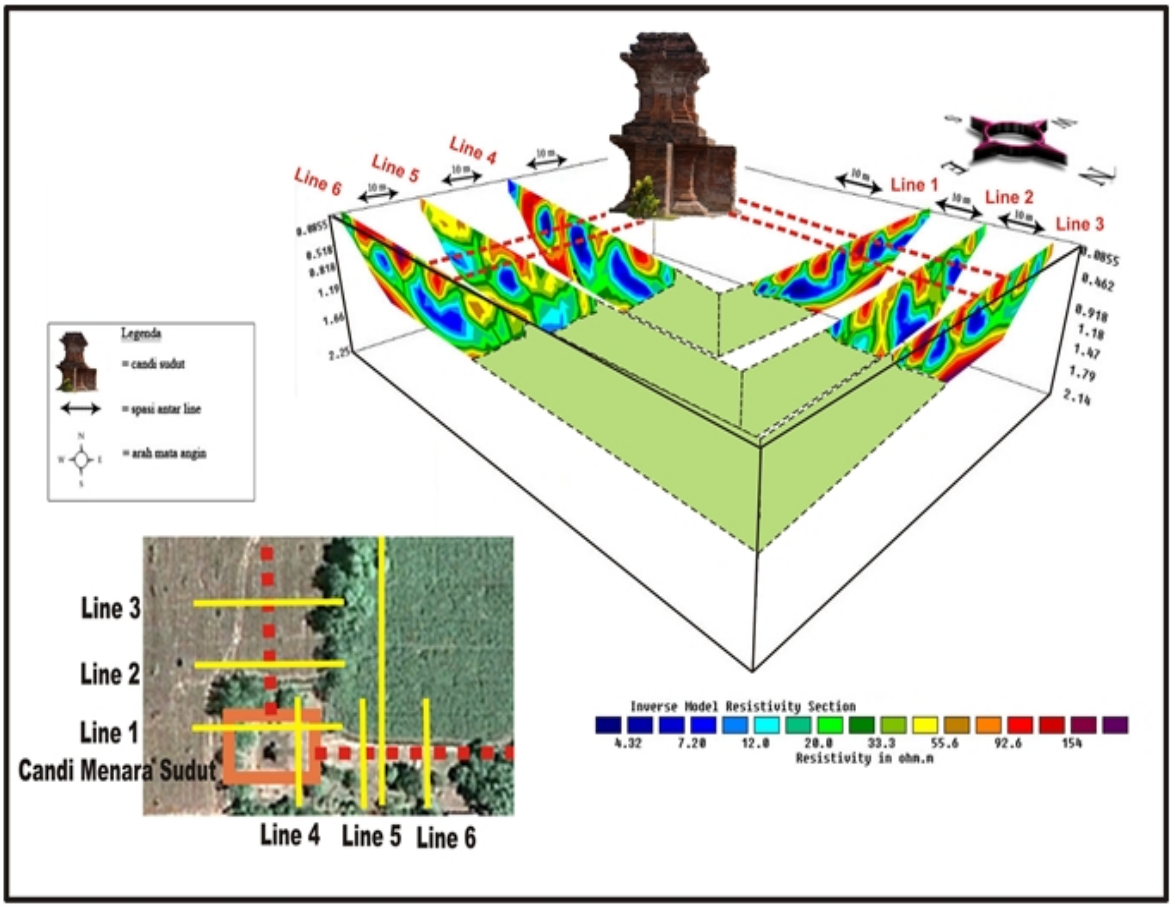
Gambar 5. Penampang lintang resistivitas pada lintasan 1.



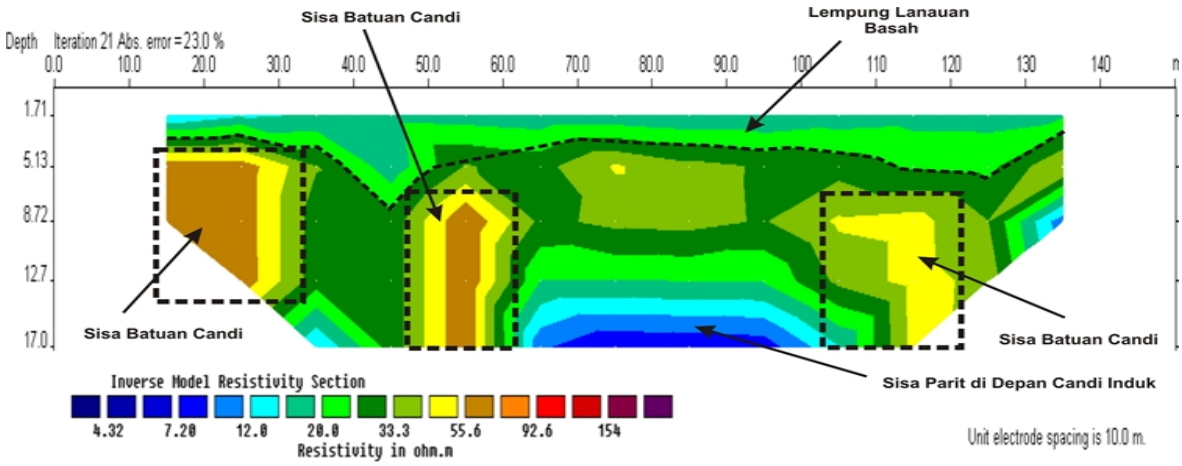
Gambar 6 .Penampang lintang resistivitas pada lintasan 2.



Gambar 7. Penampang lintang resistivitas pada lintasan 3.



Gambar 8. Penampang vertikal dari resistivitas pada lintasan 1 s.d. 6 di sekitar Candi Menara Sudut.



Gambar 9. Penampang lintang resistivitas pada lintasan 7 .

Lintasan 2 terletak 10 m di sebelah utara lintasan 1. Panjang lintasannya 12 m dengan spasi 1 m. Gambaran pencitraan bawah permukaan tanahnya seperti pada Gambar 6. Lintasan 3 terletak 10 m di sebelah utara lintasan 2. Panjang lintasan pengukuran-nya adalah 12 m dengan spasi 1 m. Gambaran pencitraan bawah permukaan tanahnya seperti pada Gambar 7. Lintasan 4 terletak 10 m di sebelah timur Candi Menara Sudut. Panjang lintasannya 12 m dengan spasi 1 m. Lintasan 5 terletak 10 m di sebelah timur lintasan 4. Panjang Lintasan Pengukuran Lintasan 4 adalah 12 m dengan spasi 1 m. Lintasan 6 terletak 10 m di sebelah timur lintasan 5. Panjang Lintasan Pengukuran Lintasan 4 adalah 12 m dengan spasi 1 m.

Jika lintasan 1 s.d. 6 digabung, maka akan tampak kemenerusan lapisan batu bata (kontur warna merah) yang merupakan sisa pondasi pagar halaman Candi Jabung dengan nilai resistivitas berkisar 33.3 - 92.6 Ω.m pada kedalaman 0,0 – 1.79 m. Selain itu dapat dilihat juga kemenerusan lapisan batuannya yang basah (kontur warna biru-hijau). Hal ini disebabkan karena daerah di sekitar Candi Menara Sudut merupakan daerah persawahan dan lahan basah yang sering ditanami tanaman palawija dan tembakau.

Investigasi Geolistrik di Area Halaman Candi Jabung (Lintasan 7 s.d. 10). Lintasan 7 terletak di sebelah barat candi induk dengan lintasan pengukuran Utara Selatan. Panjang lintasannya 150 m dengan spasi 10 m. Gambaran pencitraan bawah permukaan tanahnya seperti pada Gambar 9. Lintasan 8 terletak di candi induk dengan lintasan pengukuran Utara Selatan. Panjang lintasannya 150 m dengan spasi 10 m. Lintasan 9 terletak di sebelah utara candi induk dengan lintasan pengukuran Barat-Timur. Panjang lintasan pengukurannya 200 m dengan spasi 4 m. Lintasan 10 terletak di candi induk dengan lintasan pengukuran Barat Timur. Panjang lintasannya 200 m dengan spasi 4 m.

Interpretasi dari hasil investigasi geolistrik pada ke-6 lintasan di sekitar candi Menara Sudut dan ke-4 lintasan di area halaman candi Jabung adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Interpretasi Distribusi Lapisan Bawah Permukaan.

No	Warna kontur	Resistivitas (Ω.m)	Jenis batuan
1	Biru Tua	4,3 – 7,2	Lempung Lanauan Basah
2	Biru Muda	8,0 – 12,0	Lempung Lanauan
3	Kuning	50,0 – 55,6	Lempung Pasiran/Sisa Batuan Candi
4	Hijau Tua-Merah	33,3 – 92,6	Lempung Pasiran/Sisa Batuan Candi
5	Coklat-Merah-Ungu	55,6 – 154,0	Lanauan Pasiran Kering/Sisa Batuan Candi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipole-dipole berhasil melakukan pendugaan struktur bawah permukaan Peninggalan Purbakala Situs Candi Jabung, Probolinggo. Dari hasil pendugaan tersebut diketahui masih ada bagian-bagian situs/sisa batuan Candi yang terkubur di bawah permukaan tanah dengan kisaran nilai resistivitas antara 33,0 - 92.6 Ω.m dan diinterpretasikan sebagai batu bata yang merupakan batuan penyusun pondasi pagar halaman Candi. Terbukti bahwa candi Menara Sudut adalah pojok/penjuru pagar halaman Candi.Tanah di area Candi Jabung adalah tanah yang subur dengan kandungan air bawah permukaan yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dari nilai resistivitas yang rendah pada lapisan dangkal di dekat permukaan. Selain itu dapat dibuktikan bahwa Candi Induk berada di atas lapisan batuan pada bagian yang paling keras.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Geofisika Universitas Brawijaya yang telah meminjamkan fasilitas alat selama melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Robson, Stuart (1995), *Deśawarnana (Nãgarakrtãgama) by Mpu Prapanca.* KITLV Press, Leiden, Netherlands.

[2] Kartamihardja, Prajoga R. (1983), *Laporan Pemugaran Candi Jabung Probolinggo.* Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Kantor Wilayah Propinsi Jawa Timur, Surabaya.

[3] Sunaryo (2007), *Studi Zona Mineralisasi di Kawasan Malang Selatan Jawa Timur Menggunakan Metode Geofisika Terpadu*. Disertasi Universitas Gajah Mada, 15 Juni 2007, Yogyakarta.

[4] Susilo, Adi (2009), Studi Akuifer Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Desa Natanage Kecamatan Boawae-Kabupaten Nagekeo, Flores Nusa Tenggara Timur, *Proceedings Annual Meeting Himpunan Ahli Geofisika Indonesia 2009*, Yogyakarta.

[5] Azhar, Handayani G. (2004), Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Penentuan Tahanan Jenis Batubara. *Jurnal Natur Indonesia*, **6**, 22-126.

[6] Sugianto, A.,Bakrun (2010), Interpretation of DC Resistivity Data to Recognized Geothermal Prospect at Sampuraga, North Sumatera, *Indonesia. Proceedings World Geothermal Congress 2010 25-29 April 2010*. Bali, Indonesia. 1-5.

[7] Karlsdottir, R. dan O. G. Flovenz (2010), How the Use of Tem Changed the Resistivity Model of Temperature Field from an Earlier DC Survey, *Proceedings World Geothermal Congress 2010. 25-29 April 2010*, Bali, Indonesia, 1-12.

[8] Redulescu, V., Melinte, M.C., Radulescu, F. (2007), *Use of Geoelectrical Methods in Archeological Studies. Case Study: The Saint Nicholas Church of Densus*, Geo-Eco-Marina, Romania.

[9] Yudistira, T. dan H. Grandis (2003), Pencitraan Konduktifitas Bawah-Permukaan dan Aplikasinya untuk Identifikasi Penyebaran Kontaminan Cair, *Jurnal Geofisika*, **1**, 27-32.

[10] Res2Dinv Manual, 2003. Geotomo Sofware (www.geoeletrical.com).

[11] Loke M. H., Barker R. D. (1996), Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a Quasi-New-ton method, *Geophysical Prospecting*, **44**, 131–152.

[12] Sasaki Y. (1992), Resolution of resistivity tomography in-ferred from numerical simulation, *Geophysical Prospecting*, **40**, 453–464.