

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Akuisisi Data

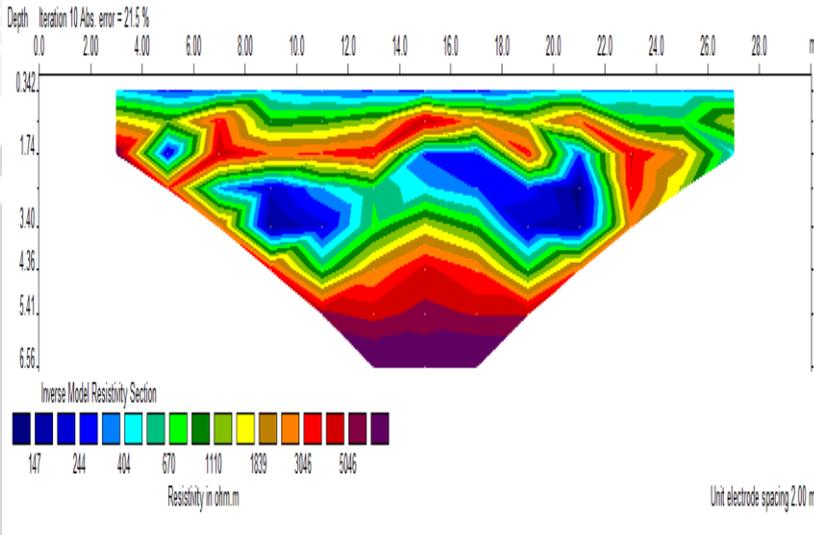
Letak daerah pengukuran data yang berada di Badut, Kecamatan Sukun Kota Malang Propinsi Jawa Timur dilakukan dengan menggunakan Geolistrik Resistivity Konfigurasi Dipole-dipole. Pemilihan konfigurasi Dipole-dipole dikarenakan konfigurasi ini lebih baik untuk menggambarkan struktur lapisan bawah permukaan dan pada konfigurasi Dipole-dipole ini dilakukan dengan cara memindahkan elektroda arus dengan jarak antar titik sebesar 2 meter. Pemilihan titik pengukuran geolistrik terdiri dari 4 lintasan yang membentang sepanjang keliling candi yaitu pada sisi depan candi, samping kanan, samping kiri, dan belakang candi. Setiap lintasan mempunyai panjang 30 meter dengan jumlah titik tiap lintasan adalah 13 titik. Desain pengambilan data tersebut dimaksudkan untuk pendugaan struktur lapisan bawah permukaan di sekeliling candi badut. Data yang dicatat dalam pengukuran di lapangan adalah besar arus yang diinjeksikan (I) dalam satuan Ampere, spasi elektroda (a), tahanan semu (R) dalam satuan Ohm, faktor spasi (n) dan titik data (*datum point*).

4.2 Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan setelah diperoleh harga resistivitas sebenarnya. Nilai tersebut diperoleh dari pengolahan data dari titik pengukuran yang telah dilakukan dengan menggunakan *software Res2dinv*. Nilai resistivitas sebenarnya tersebut dibandingkan dengan tabel nilai resistivitas batuan dengan mengacu pada peta geologi sehingga didapatkan jenis lapisan-lapisan yang menyusun daerah bawah permukaan pada setiap kedalaman di lokasi penelitian.

4.2.1 Line 1 (Utara Candi)

Pada *line 1* didapatkan model inversi berdasarkan hasil pengolahan data dari parameter tahanan jenis batuan. Berikut ini model inversi *res2dinv* pada *line 1*:



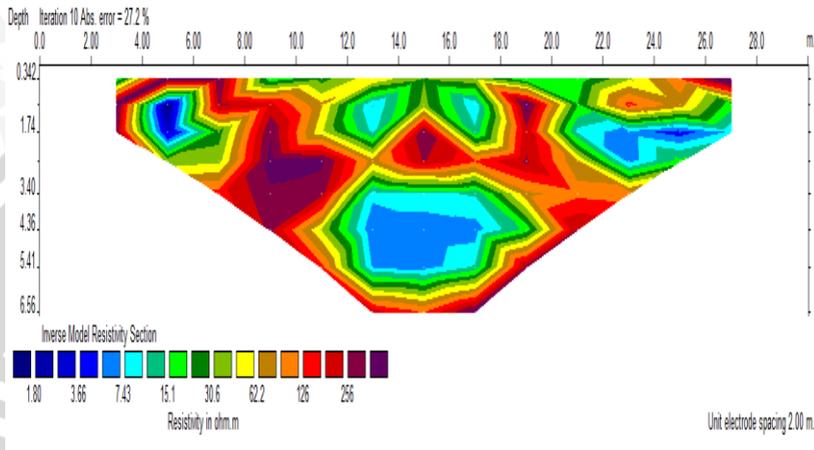
Gambar 4.1 Hasil inversi *Res2dinv* line 1

Hasil pemodelan resistivitas *line 1* diperoleh dengan iterasi maksimum yaitu 10 iterasi dan *RMS error* sebesar 21,5% yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1. Berdasarkan gambar penampang resistivitas pada Gambar 4.1 terlihat bahwa lapisan tanah bawah permukaan di *line 1* mempunyai respon resistivitas yang bernilai berbeda-beda. Respon resistivitas rendah 147–432 Ωm terdistribusi di titik 6,0 - 22,0 pada kedalaman 1,74 – 4,3 m, dan titik 3,0 – 27,0 pada kedalaman 0,3 – 0,5m, untuk resistivitas sedang berkisar antara 670 - 3046 Ωm terdistribusi pada titik 3 – 27 pada kedalaman 0,5 – 1,7m, sedangkan untuk nilai resistivitas tinggi antara 3045 - 5046 Ωm berada pada titik 8,0 – 18,0 pada kedalaman 4,3 – 6,5m.

Interpretasi untuk nilai resistivitas pada *line 1* yaitu lapisan yang berada pada kisaran nilai resistivitas 147–432 Ωm merupakan batu pasir, 670 – 3046 Ωm adalah batu pasir dan batu kerikil,

sedangkan untuk resistivitas 3046 – 5046 Ωm diduga merupakan lapisan batuan andesit.

4.2.2 Line 2 (Barat Candi)

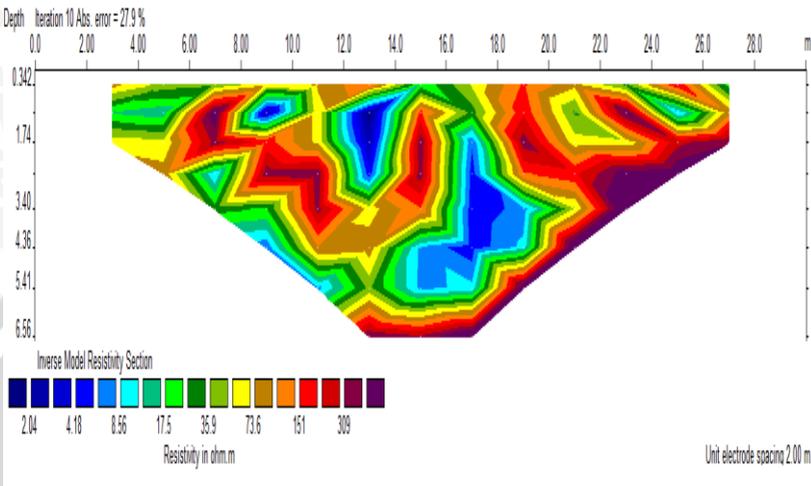


Gambar 4.2 Hasil inversi *Res2dinv* line 2

Hasil pemodelan resistivitas *line 2* diperoleh dengan iterasi maksimum yaitu 10 iterasi dan RMS *error* sebesar 27,2% yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2. Pada *Line 2* ini juga memiliki respon resistivitas yang berbeda-beda pada tiap lapisan hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 Untuk respon resistivitas rendah 1,8-7,4 Ωm terdistribusi pada titik 4,0 – 6,0 pada kedalaman 0,5 – 2,0m, titik 12,0 – 14,0 dan titik 16,0 – 18,0 pada kedalaman 0,4 – 1,7m, dan titik 20 – 27 pada kedalaman 1,7 - 2,5m, untuk respon resistivitas sedang 15,1 - 126 Ωm terdistribusi pada titik 8,0 – 14 dan titik 18 - 26 pada kedalaman 0,3 – 1,7m dan pada titik 10 – 12 dan titik 18 – 20 pada kedalaman 3,4 – 6,5m, sedangkan untuk respon resistivitas 125-256 Ωm terdistribusi pada titik 7 – 12 pada kedalaman 1 – 4,3m.

Interpretasi untuk nilai resistivitas pada *line 2* pada gambar model inversi oleh *software Res2dinv* yaitu lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang berkisar antara 1,8-7,4 Ωm merupakan lapisan lempung, sedangkan untuk nilai resistivitas antara 15,1 - 126 Ωm merupakan lapisan lempung pasir, dan untuk nilai resistivitas 125-256 Ωm merupakan batu pasir.

4.2.3 Line 3 (Selatan Candi)

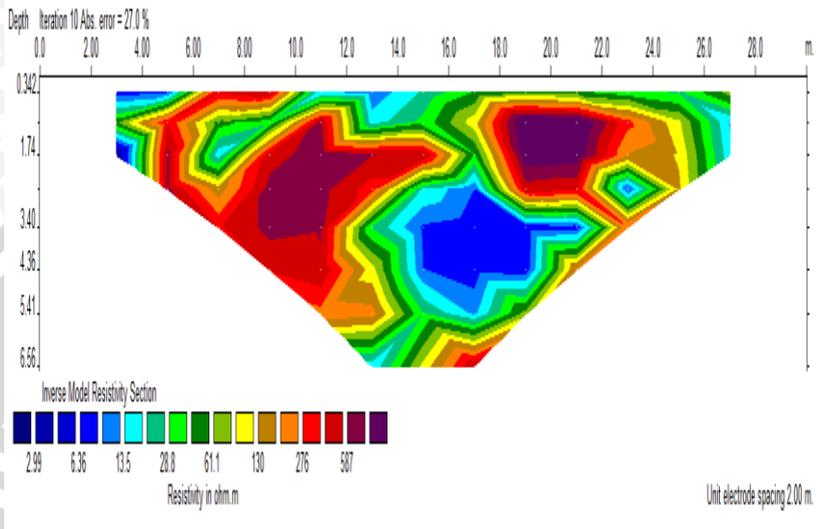


Gambar 4.3 Hasil inversi *Res2dinv* line 3

Hasil pemodelan resistivitas *line 3* diperoleh dengan iterasi maksimum 10 dan RMS *error* sebesar 27,9% yang ditunjukkan oleh Gambar 4.3. Pada *line 3* ini mempunyai respon resistivitas yang tidak jauh berbeda dengan *line 2* yaitu untuk respon resistivitas rendah antara 2,4-8,5 Ωm berada pada titik 8,0-10,0 pada kedalaman 0,3 - 1m, titik 11,0-14,0 pada kedalaman 0,3-2m, titik 14,0-20,0 pada kedalaman 1,7-5,4m dan untuk respon resistivitas antara 17,5-73,5 Ωm berada pada sekitar respon resistivitas rendah.

Interpretasi untuk pemodelan *Res2dinv* pada *line 2* yaitu pada nilai resistivitas dengan kisaran antara 2,4-8,5 Ωm merupakan lapisan lempung, sedangkan pada kisaran 17,5-73,5 Ωm merupakan lapisan lempung pasir, dan untuk nilai resistivitas 151-309 Ωm adalah batu pasir.

4.2.4 Line 4 (Timur Candi)



Gambar 4.4 Hasil inversi *Res2dinv* line 4

Hasil pemodelan resistivitas *line 4* diperoleh dengan iterasi maksimum 10 dan RMS *error* sebesar 27,0% yang ditunjukkan oleh Gambar 4.4. Dari model resistivitas untuk *line 4* dapat dilihat bahwa respon resistivitas 2,5-13,5 Ωm terdistribusi pada titik 14,0-20,0 pada kedalaman 2 - 5,4m, sedangkan untuk respon resistivitas 130-567 Ωm berada pada titik 6,0-14,0 di kedalaman 0,5-45m serta pada titik 18,0-22,0 pada kedalaman 0,5-1,7m, dan untuk respon resistivitas 28,6-130 Ωm terdistribusi pada sekitar resistivitas rendah dan yang paling besar pada *line 4* tersebut.

Interpretasi nilai resistivitas untuk *line 4* berdasarkan pada model inversi *Res2dinv* dan mengacu pada peta geologi malang yaitu pada nilai resistivitas 2,5-13,5 Ωm merupakan lapisan lempung, untuk nilai resistivitas 28,6-130 Ωm adalah lempung pasir, dan untuk nilai resistivitas 130-567 Ωm adalah batu pasir.

4.3 Pembahasan

Diduga hasil dari penelitian yang dilakukan pada sekitar Candi Badut ini memiliki struktur bawah permukaan yang tersusun atas 3 lapisan tanah yaitu lapisan lempung, lempung pasir, dan batu pasir. Tetapi pada *line-1* struktur lapisan tanah tersusun atas batu pasir, batuan pasir dan kerikil dan batu andesit . Hal ini didapatkan dari hubungan antara range resistivitas pada pemodelan 2D menggunakan *Res2dinv* dan peta geologi daerah penelitian yaitu berada pada formasi batuan pegunungan tengger atau *Quarter Vulcano Tengger (Qvt)* sesuai dengan gambar peta geologi lembar malang yang memiliki penyusun batuan tersebut.

Berikut ini tabel nilai range resistivitas dan jenis batuan pada setiap lintasan (*line*) :

Tabel 4.1 Nilai range resistivitas dan jenis batuan

Lintasan (<i>line</i>)	Range Resistivitas (Ωm)	Jenis Batuan
1	147-432	Batu pasir
	670 – 3046	Batu pasir dan kerikil
	3046 – 5046	Batu andesit
2	1,8-7,4	Lempung
	15,1 – 126	Lempung pasir
	125-256	Batu pasir
3	2,4-8,5	Lempung
	17,5-73,5	Lempung pasir
	151-309	Batu pasir
4	2,5-13,5	Lempung
	28,6-130	Lempung pasir
	130-567	Batu pasir

Batuan merupakan material yang memiliki daya hantar listrik dan harga resistivitas tertentu. Batuan yang sama belum tentu memiliki harga resistivitas yang sama juga begitu sebaliknya. Hal ini dikarenakan nilai resistivitas batuan memiliki rentang nilai resistivitas yang dapat saling *overlap*. Maka dari itu diperlukan korelasikan dengan peta geologi daerah penelitian tersebut.

Dari hasil interpretasi untuk setiap *line* diperoleh jenis-jenis batuan antara lain : lempung, lempung pasir, batu pasir dan kerikil. Dari jenis-jenis batuan tersebut proses terbentuknya yaitu:

- Batuan Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian terjadi akibat dari aktivitas panasbumi, batuan lempung ini merupakan batuan sedimen klastik yang mempunyai ukuran kurang dari 1 atau 2 mikron (William dkk., 1954).

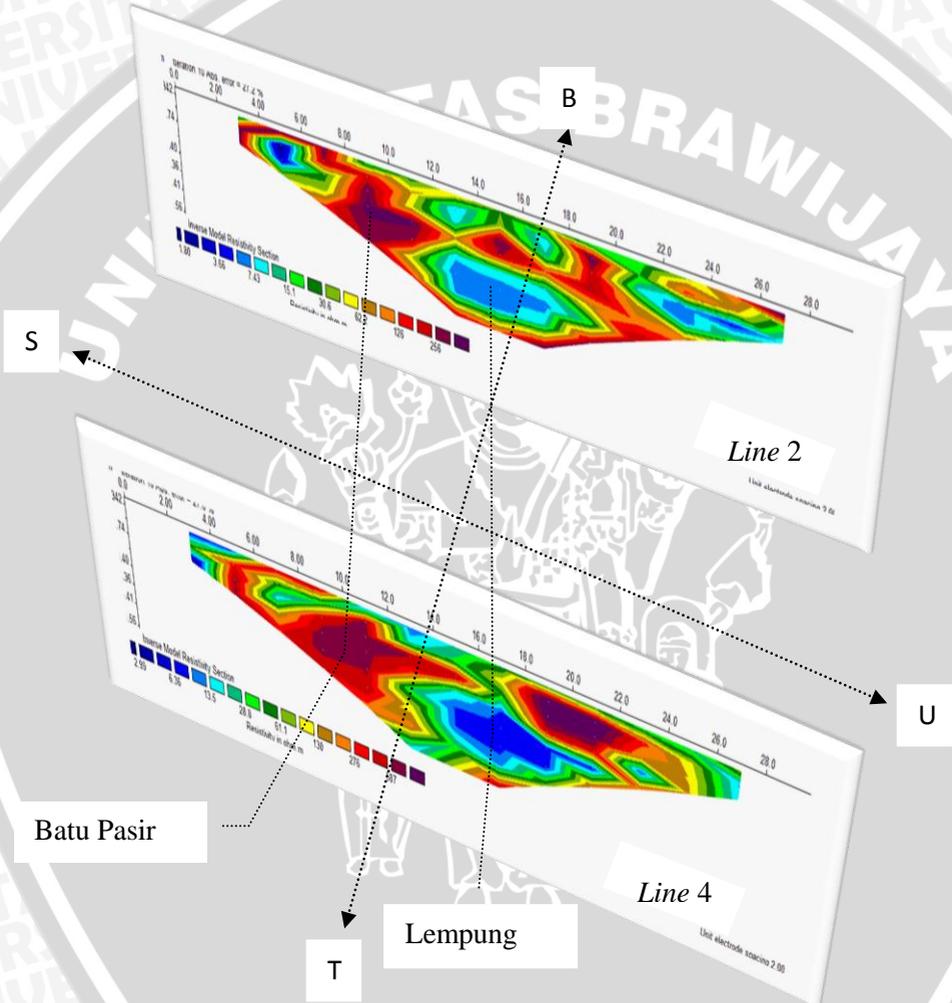
- Lempung Pasiran merupakan campuran batuan antara lempung dan pasir, perbandingan volume unsurnya lebih banyak lempung dibanding pasir begitu sebaliknya. Lapisan ini juga berfungsi sebagai akuifer seperti batuan pasir dan kerikil namun air yang terkandung didalamnya mengandung pasir.

- Batuan Pasir dan kerikil merupakan endapan yang terdiri dari mineral pasir dan komposisi batuan ini mayoritas terbentuk dari batuan kuarsa sebab batuan ini banyak di kulit bumi.

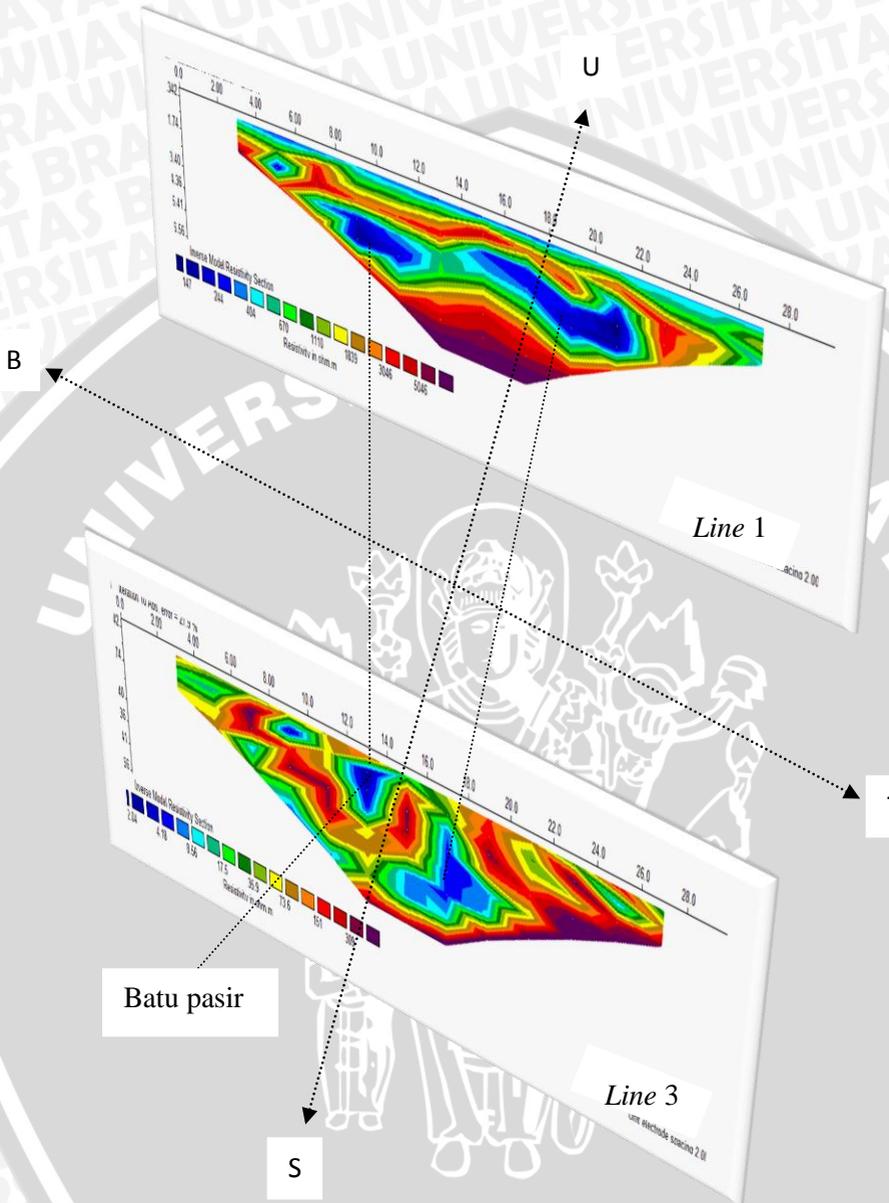
Pada hasil inversi *line* 1 pada pemodelan 2D dengan menggunakan *Software Res2dinv* dapat dilihat bahwa nilai resistivitas pada *line* tersebut memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai resistivitas pada *line* 2, 3 dan 4. Hal ini dikarenakan pada *line* 1 terdapat batuan andesit yang merupakan pagar dari bangunan candi dan pada kedalaman >5,5m terdapat sebuah kolam candi yang terbuat dari batuan andesit, informasi tersebut diperoleh dari literatur candi yang menggambarkan struktur bangunan candi dan sumber dari juru kunci atau penjaga candi. Dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk melakukan perbaikan/pemugaran candi, dapat dilihat bahwa pada kedalaman >5,5m sudah ditemukan batuan andesit yang merupakan bahan dasar dari bangunan candi badut tersebut.

4.3.1 Korelasi Antar Lapisan

Dari hasil pemodelan 2D dengan menggunakan *Software Res2dinv* didapatkan korelasi antar lapisan pada tiap lintasan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 dibawah ini :



Gambar 4.5 Korelasi antara line 2 dan line 4



Gambar 4.6 Korelasi antara line 1 dan line 3

Untuk korelasi pada pemodelan 2D pada *line 2* dan *line 4* seperti terlihat pada Gambar 4.5 terdapat kesamaan yaitu terdapat lempung pada sekitar titik 14-20 di kedalaman 3-5m, pada kedalaman tersebut diindikasikan terdapat sebuah kanal yang dahulunya digunakan sebagai saluran air untuk kolam-kolam yang berada pada sekitar candi. Dan di titik lain juga terdapat korelasi lapisan yang berada pada titik 8-12 di kedalaman 1,5-4m dititik tersebut terdapat lapisan batu pasir dengan nilai resistivitas 100-500 Ωm yang diduga lapisan tersebut merupakan pondasi dari jalan yang digunakan untuk jalan memasuki candi dari sisi depan dan dari sisi belakang candi, hal ini sesuai dengan bahan yang digunakan untuk membuat jalan masuk tersebut menggunakan campuran dari batu pasir dan semen. Sehingga pada kedalaman 1,5-4m terdeteksi dari pondasi atau bangunan dasar dari jalan masuk tersebut. Sedangkan untuk korelasi lapisan yang terdapat pada *line 2* dan *line 4* didominasi oleh lapisan lempung pasir yang merupakan lapisan permukaan dari sekitar Candi Badut. Hal ini dapat dilihat pada pemodelan 2D dengan ditunjukkan oleh warna hijau yang berada pada nilai resistivitas antara 5-100 Ωm , dengan kisaran nilai resistivitas tersebut sesuai dengan tabel resistivitas merupakan nilai resistivitas dari lempung pasir.

Sedangkan untuk korelasi lapisan pada pemodelan 2D *line 1* dan *line 3* yang ditunjukkan Gambar 4.6 memiliki kesamaan lapisan yang berada pada titik 16-20 di kedalaman 3-5m yang ditunjukkan oleh warna biru, dilapisan tersebut terdapat batu pasir, korelasi dari lapisan tersebut diduga merupakan pondasi dari jalan masuk candi dari sisi kiri dan kanan candi, sama seperti korelasi pada *line 2* dan *line 4*. Karena pada sisi depan, samping, dan belakang candi terdapat jalan yang terbuat dari campuran batu pasir dengan semen yang digunakan untuk akses jalan masuk untuk para pengunjung yang ingin berjalan mendekati bangunan candi. Dan untuk korelasi lapisan di *line 1* dan *line 3* ini juga didominasi oleh lapisan lempung pasir, sama seperti *line 2* dan *line 4* yang merupakan lapisan permukaan dari sekitar candi.