



**STUDI EKSPLORASI SITUS PURBAKALA DI CANDI DERES DENGAN
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS 2D
DI DUSUN DERES DESA DERES KECAMATAN GUMUKMAS
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Asal:	Hadiah Pembelian	Klass 930.1
Terima Tgl	04 SEP 2007	ARI
No. Induk :		S
KLASIR / PENYALIN :	SUG	

Oleh

C.1

**FIKA ARIKA
NIM 031810201022**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2007



**STUDI EKSPLORASI SITUS PURBAKALA DI CANDI DERES DENGAN
MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS 2D
DI DUSUN DERES DESA DERES KECAMATAN GUMUKMAS
KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program studi MIPA (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**FIKA ARIKA
NIM 031810201022**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2007**

MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakan sungguh-sungguh (urusan yang lain).

hanyalah kepada Tuhanmu hendaknya kamu berharap.

(Terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-8))*

atau

Pelajarilah oleh kamu akan ilmu, sebab mempelajari ilmu itu memberikan rasa takut kepada Allah, menuntutnya merupakan ibadah, mengulang-ulangnya merupakan tasbih, pembahasannya merupakan jihad, mengajarkannya kepada orang yang belum tahu merupakan sedekah dan menyerahkannya kepada ahlinya merupakan pendekatan diri kepada Allah.

(Riwayat Ibnu Abdil Barr)

atau

Sesungguhnya orang yang berakal tidak akan bosan menerima manfaat pendapat, tidak putus asa dalam kondisi apapun dan tidak akan berhenti berpikir dan berusaha.

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas rahmat, hidayah dan anugrahNya;
2. Ayahanda Adi Purnomo, S.H serta Ibunda Nurul Faridah tercinta atas kasih sayang, cinta, semangat dan doa restunya yang tiada henti menyertai setiap langkahku. Terima kasih telah menjadi guru terbaik dalam hidupku;
3. Adik-adikku tersayang Dipa dan Azril, atas kasih sayang dan cinta kalian berdua selama ini. Serta keluarga besarku di Jombang dan Madura yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan doa dan motivasinya selama ini;
4. Sahabat-sahabatku Widya, Far'ah, Reni, Rio dan Alfi yang selalu memberikan hari-hari indah dan motivasi yang besar demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

DEKLARASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fika Arika

NIM : 031810201022

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Studi Eksplorasi Situs Purbakala Di Candi Deres Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Dusun Deres Desa Deres Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya tulis sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2007

Yang menyatakan,



Fika Arika

NIM 031810201022

RINGKASAN

Studi Eksplorasi Situs Purbakala Di Candi Deres Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Dusun Deres Desa Deres Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember, Fika Arika, 031810201022, 53 hlm.

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode pengukuran geofisika yang dapat mengukur nilai resistivitas batuan yang ada di bawah permukaan bumi pada suatu kedalaman dan keadaan tertentu. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material bumi memiliki derajat yang berbeda dalam hal menghantarkan arus listrik. Metode geolistrik sudah dikembangkan sejak awal tahun 1990, dan mulai banyak digunakan sejak adanya komputer untuk memproses dan menganalisa data. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa setiap jenis batuan yang ada di muka bumi ini pasti mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda. Dari penerapan metode ini diharapkan didapatkan pencitraan distribusi resistivitas batuan. Pencitraan distribusi resistivitas batuan memberikan informasi nilai resistivitas struktur lapisan batuan yang berada di bawah permukaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan adanya situs purbakala di sekitar Candi Deres, Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2006 sampai Juli 2007. Lokasi penelitian berada di Dusun Deres Desa Deres Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember. Untuk pengambilan data diperlukan peralatan seperti *Resistivity meter*, GPS (*Global Positioning System*), 1 rol meteran, 4 rol kabel panjang, 4 batang elektroda, palu dan alat tulis.

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah menentukan lintasan dengan panjang dan jarak spasi tertentu. Pengukuran resistivitas dengan jarak spasi potensial MN dan spasi arus AB (MN dan AB sama-sama diperbesar). Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner dengan metode *mapping*,

yaitu untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal.

Data-data resistivitas yang diperoleh dari pengukuran di lapangan diolah dengan menggunakan *software* Res2Dinv. Berdasarkan gambar 4.1a-4.1d, dapat diketahui bahwa nilai resistivitas batuan yang dihasilkan diwakili oleh pencitraan dari berbagai warna. Yang mana masing-masing warna tersebut mempunyai nilai resistivitas sendiri-sendiri. Kedalaman yang terukur adalah 0,50m sampai dengan 7,91m.

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisa data dan pembahasan adalah bahwa metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner dapat digunakan dalam memetakan situs purbakala yang berada di sekitar Candi Deres. Dengan hasil tersebut, diduga masih ada bagian-bagian dari Candi Deres yang terkubur di bawah permukaan tanah.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari : JUM'AT
Tanggal : 24 AUG 2007
Tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (Dosen Pembimbing Utama)



Nurul Priyantari, S.Si., M.Si
NIP 132 162 506

Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)



Agus Suprianto, S.Si., M.T
NIP 132 162 507

Anggota I



Prof. Agus Subekti, M.Sc., PhD
NIP 131 412 121

Anggota II



Ir. Misto, M.Si.
NIP 131 945 799

Mengesahkan
Dekan FMIPA UNEJ



Ir. Sumadi, M.S
NIP 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir (SKRIPSI) yang berjudul “ Studi Eksplorasi Situs Purbakala Di Candi Deres Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Dusun Deres Desa Deres Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember” ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata 1 Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Bimbingan dan bantuan yang begitu besar telah diberikan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya tugas akhir ini, maka tidak berlebihan bila penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. Sumadi, M.S., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
2. Bapak Bowo Eko Cahyono, S.Si. M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
3. Ibu Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) atas bimbingan dan kesabaran dalam penulisan skripsi ini, hingga terselesaikannya dengan baik
4. Bapak Agus Supriyanto, S.Si., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) atas bimbingan dan kesabaran dalam penulisan skripsi ini, hingga terselesaikannya dengan baik
5. Bapak Prof. Agus Subekti, M.Sc., PhD, selaku dosen penguji I. Terima kasih telah memberikan bimbingan dan masukan-masukan dalam skripsi ini
6. Bapak Ir. Misto, M.Si. selaku dosen penguji II. Terima kasih telah memberikan bimbingan dan masukan-masukan dalam skripsi ini
7. Sahabat-sahabatku Reni, Far'ah, Widya, Alfi, Brian dan Rio atas dukungan kalian selama ini

8. Septa terima kasih atas kesabaran dan kasih sayangnya selama ini
9. Galih, Roni, Ima, Wawan dan Vita, terima kasih banyak atas bantuannya pada penelitianku
10. Terima kasih buat *Geophisycs Club*: Sustri, Ririn dan Yulian yang telah menjadi sumber informasi skripsiku, *Biophysics Club*: Nur, Wulan, serta teman-teman *Instrumets Club*: Puji terima kasih atas bantuan, keceriaan dan motivasinya;
11. Pak Ji, Kakak Edy, Kakak Narto, Ibu Erni, Kakak Taufik serta seluruh staff karyawan di Jurusan Fisika FMIPA terima kasih atas segala bantuanya;
12. Teman-teman ITS: Erik, Ari, Beni, Qut, Futuh dan Probo terima kasih atas segala bantuan dan motivasinya;
13. Teman-teman angkatan 2003 yang banyak memberikan dukungan dan kerja sama yang baik.

Penulis menyadari keterbatasan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Andaikata ada kekurangan dalam Tugas Akhir ini, mohon pembaca dapat memakluminya. Kritik dan saran untuk tujuan perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini, penulis terima dengan tangan terbuka.

Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam menambahkan pengetahuan bagi pembaca.

Jember, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN DEKLARASI	iv
RINGKASAN	v
PENGESAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Batuan	5
2.1.1 Jenis Batuan	5
2.1.2 Sifat Kelistrikan Batuan.....	7
2.2 Candi Deres	10
2.3 Metode Geolistrik Resistivitas	12
2.3.1 Metode Resistivitas <i>mapping (profiling)</i>	13
2.3.2 Metode Resistivitas <i>sounding</i>	13
2.4 Aliran Listrik di dalam Bumi	14

2.5 Arus Listrik Dalam Medium Homogen	15
2.5.1 Titik Arus Tunggal Di Bawah Permukaan.....	15
2.5.2 Titik Arus Tunggal Pada Permukaan	16
2.5.3 Titik Arus Ganda Pada Permukaan.....	17
2.6 Resistivitas Semu.....	19
2.7 Konfigurasi Wenner	20
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Waktu dan Tempat.....	22
3.2 Alat Penelitian	24
3.3 Desain Penelitian	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1 Akuisisi Data.....	25
3.4.2 Diagram Penelitian.....	27
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA	28
4.1 Hasil Penelitian.....	28
4.1.1 Data Hasil Penelitian.....	28
4.2 Analisa Data.....	32
BAB 5. PEMBAHASAN	33
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
6.1 Kesimpulan.....	37
6.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Aproksimasi Nilai Resistivitas Macam – macam Batuan	8
Gambar 2.2.a Foto Lokasi Candi Deres Tampak Depan	11
Gambar 2.2.b Foto Lokasi Candi Deres.....	11
Gambar 2.2.c Foto Lokasi Candi Deres.....	12
Gambar 2.3 Sumber Arus Titik di Bawah Permukaan	
Medium Homogen	16
Gambar 2.4 Sumber Arus Titik Pada Permukaan	
Medium Homogen	17
Gambar 2.5 Dua Pasang Elektroda Arus dan Potensial Pada Permukaan Medium Homogen Isotropis Dengan Tahanan Jenis ρ	19
Gambar 2.6 Pola Aliran Arus dan Bidang Ekipotensial Antara Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan.....	19
Gambar 2.7 Konsep Resistivitas Semu.....	20
Gambar 2.8 Model Konfigurasi Elektroda Pada Wenner	21
Gambar 3.1a Peta Gumuk Mas (Lokasi Penelitian).....	22
Gambar 3.2b Denah Lokasi dan Lintasan Penelitian	23
Gambar 3.2 Diagram Penelitian.....	27
Gambar 4.1a Penampang lintang Resistivitas lintasan I Candi Deres	28
Gambar 4.1b Penampang lintang Resistivitas lintasan II Candi Deres.....	29
Gambar 4.1c Penampang lintang Resistivitas lintasan III Candi Deres	30
Gambar 4.1d Penampang lintang Resistivitas lintasan IV Candi Deres	31
Gambar 5.1 Penampang Vertikal Dari Hasil Perpotongan Antara Lintasan I dengan Lintasan IV	34
Gambar 5.2 Penampang Vertikal Dari Hasil Perpotongan Antara	

Lintasan II dengan Lintasan IV	35
Gambar 5.3 Penampang Vertikal Dari Hasil Perpotongan Antara Lintasan III dengan Lintasan IV	36



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Nilai Resistivitas Batuan dan Mineral	9
Tabel 2.2 Harga Resistivitas Jenis Tanah atau Batuan	9
Tabel 4.1 Distribusi Lapisan Permukaan Bawah Tanah Lintasan I.....	29
Tabel 4.2 Distribusi Lapisan Permukaan Bawah Tanah Lintasan II.....	30
Tabel 4.3 Distribusi Lapisan Permukaan Bawah Tanah Lintasan III	31
Tabel 4.4 Distribusi Lapisan Permukaan Bawah Tanah Lintasan IV	32
Tabel 5.1 Jenis Batuan (Tanah) Candi Deres.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Tabel A.1 Data Hasil Penelitian dan Perhitungan pada lintasan I	42
Tabel A.2 Data Hasil Penelitian dan Perhitungan pada lintasan II	45
Tabel A.3 Data Hasil Penelitian dan Perhitungan pada lintasan III.....	48
Tabel A.4 Data Hasil Penelitian dan Perhitungan pada lintasan IV.....	51



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangsa Indonesia terkenal sebagai suatu bangsa yang memiliki kekayaan seni budaya yang bernilai tinggi. Warisan budaya nasional itu ada yang berupa bangunan atau monumen, kesenian, naskah-naskah kuno dan jenis-jenis budaya lainnya. (Sumarsih, 1985). Pada abad ke-16 di Jawa terdapat beberapa negara yang berbentuk kerajaan, antara lain Majapahit, Demak, Pajang, Banten, Cirebon dan Mataram-Islam (Marwati dan Nugroho, 1993). Kerajaan-kerajaan tersebut mempunyai arti historis tersendiri. Misalnya saja sekitar 700 tahun yang lalu di Mojokerto tepatnya di Desa Trowulan, merupakan pusat kerajaan besar yaitu Kerajaan Mojopahit. Menurut sejarah, sebagai kota kerajaan di sana banyak terdapat bangunan-bangunan dan benda-benda peninggalan yang di masa sekarang sudah dianggap mempunyai nilai sejarah tinggi. Seiring dengan berjalannya waktu, dan diakibatkan oleh proses-proses geologi akhirnya bangunan-bangunan tersebut tertutup oleh tanah. Salah satu dari bangunan adalah kompleks Candi Gentong yang ditemukan pada tahun 1986 dalam keadaan tertutup tanah, alang-alang dan rerumputan. Penggalan candi ini baru dilakukan oleh Mundarjinto dan kawan-kawan pada tahun 1986 (Triharyanto, 1997). Didasarkan pada bentuk dan kedudukan candi, para arkeolog menduga bahwa di sekitar lokasi Candi Gentong masih banyak terdapat bagian-bagian dari Candi Gentong, baik berupa bangunan maupun benda-benda yang masih tertimbun tanah.

Salah satu warisan budaya yang ada di wilayah Kabupaten Jember adalah Candi Deres. Candi tersebut terletak di Desa Deres, Kecamatan Gumukmas Jember. Candi ini terletak di atas gumuk (seperti bukit) dan berada di tengah-tengah area persawahan penduduk. Batuan penyusun candi tersebut adalah batu bata. Keberadaan candi ini kurang diperhatikan oleh Dinas Kepariwisata Pemkab Jember. Hal ini

terlihat dari kondisi fisik bangunan yang sudah mulai hancur sedikit demi sedikit dan sudah terpisah menjadi dua bagian akibat kurang perawatan.

Menurut sejumlah arkeolog, berdasarkan langgam seninya candi-candi di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian. Pertama, langgam Jawa Tengah Utara. Contohnya Candi Gunungwukir, Badut, Dieng, dan Gedongsongo. Kedua, Langgam Jawa Tengah Selatan misalnya Candi Kalasan, Sari, Borobudur, Mendut, Sewu, Plaosan, dan Prambanan. Ketiga, langgam Jawa Timur, termasuk candi-candi di Bali, Sumatera dan Kalimantan. Contohnya Candi Kidal, Jago, Singasari, Jawi, Panataran, Jabung, Muara Takus dan Gunung Tua.

Ditilik dari corak dan bentuknya, pada dasarnya candi di Jawa Tengah Utara tidak berbeda dari candi-candi Jawa Tengah Selatan. Hanya candi-candi di Jawa Tengah Selatan lebih mewah dan lebih megah dalam bentuk dan hiasan dibandingkan candi-candi Jawa Tengah Utara. Perbedaan yang nyata terdapat pada candi-candi Jawa Tengah dan Jawa Timur. Umumnya candi langgam Jawa Tengah berbentuk tambun, atapnya berundak-undak, menghadap ke Timur, dan berbahan batu andesit. Sementara itu, candi langgam Jawa Timur berbentuk ramping, atapnya merupakan perpaduan tingkatan menghadap ke barat dan berbahan batu bata.

Dari ratusan candi yang pernah ada di Indonesia, kini hanya seratus sampai dua ratus saja yang tampak. Selebihnya masih terpendam di dalam tanah karena berbagai faktor penyebab, seperti tertimbun lahar akibat letusan gunung berapi dan gempa bumi. Sementara itu, yang sudah muncul ke permukaan, sebagian ditemukan dalam keadaan berantakan atau tidak utuh lagi, bahkan lebih menyerupai onggokan batu. Hal ini disebabkan pengrusakan besar-besaran yang dialami oleh tanah tempat candi itu berdiri, misalnya, gembur dan longsor karena hujan. Ulah manusia juga memperparah keadaan itu. Banyak batu candi (yang berbahan batu andesit) diambil masyarakat sekitar untuk berbagai keperluan, seperti tembok, sumur, pondasi rumah, pagar halaman dan penganjal tiang. Tragisnya, batu-batu bata merah di kompleks percandian Trowulan, digerusi penduduk untuk dijadikan semen merah. Puluhan

candi telah musnah tanpa sempat dibuatkan rekaman tertulisnya. Sebenarnya, selain batu andesit dan batu merah, beberapa candi mempunyai keunikan. Candi Bendo, misalnya, diminati banyak pakar karena terbuat dari batu kapur yang sangat langka. Sayang candi itu kini cuma tinggal nama karena beberapa tahun lalu telah ditenggelamkan Waduk Wonogiri (Arkeolog, 2003).

Ciri-ciri bangunan candi di Pulau Jawa yang lainnya adalah dibangun berjajar dan masing - masing candi memiliki kekhasan tersendiri, serta letak candi satu dengan yang lainnya berdekatan (Anonim, 2007).

Metode geolistrik resistivitas adalah salah satu metode pengukuran geofisika yang dapat mengukur nilai resistivitas batuan yang ada di bawah permukaan bumi pada suatu kedalaman dan keadaan tertentu. Prinsip ini sama halnya dengan menganggap bahwa material bumi memiliki derajat yang berbeda dalam hal menghantarkan arus listrik. Metode geolistrik sudah dikembangkan sejak awal tahun 1990, dan mulai banyak digunakan sejak adanya komputer untuk memproses dan menganalisa data (Reynold, 1997). Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa setiap jenis batuan yang ada di muka bumi ini pasti mempunyai nilai resistivitas yang berbeda-beda. Kalmiwan *et al*, 2000, melakukan pengukuran resistivitas *mapping* dan *sounding* guna memetakan resistivitas batuan untuk menyelidiki keberadaan mata air panas Krakal. Sedangkan Candranofa *et al*, 2001 menggunakan metode ini untuk menentukan batuan apa saja yang ada pada lokasi tempat pengukuran yang salah satunya bisa berupa jenis batuan yang dipakai untuk membuat bangunan atau benda-benda pada masa kerajaan Mojopahit.

1.2 Rumusan Masalah

Selama ini penemuan situs purbakala dilakukan dengan cara konvensional, yang memakan banyak waktu dalam pengerjaannya, sehingga perlu dilakukan pendugaan menggunakan suatu metode yang dapat menggambarkan kondisi bawah permukaan. Dalam hal ini, permasalahan yang muncul adalah apakah metode

geolistrik resistivitas dapat digunakan untuk memetakan situs purbakala yang terpendam?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode geolistrik resistivitas 2D dengan menggunakan konfigurasi Wenner
2. Tempat penelitian berada di sekitar Candi Deres.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan adanya situs purbakala di sekitar Candi Deres, Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan, hasil dari penelitian ini diharapkan:

1. Mampu memberikan gambaran pemetaan situs purbakala di sekitar Candi Deres.
2. Dapat memantau lokasi situs purbakala dengan metode geolistrik resistivitas dan menjadi bahan pertimbangan yang berguna dalam pengelolaan dan penentuan lokasi situs purbakala.
3. Mampu memberikan sumbangan pemikiran di bidang ilmu pengetahuan terutama geofisika dalam permasalahan eksplorasi situs purbakala.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batuan

Batuan (*rock*) dalam pengertian geologi tidak selalu merupakan masa yang padat, tetapi pasir yang lepas, batubara yang ringan ataupun lempung yang gembur dalam ilmu geologi dimasukkan ke dalam istilah batuan. Jadi segala sesuatu yang menjadi bahan pembentuk kerak bumi adalah batuan. Sedangkan pengertian kita sehari-hari yang disebut batu (*stone*) adalah benda keras dan padat.

Batuan adalah benda alam yang menjadi penyusun utama bumi. Kebanyakan batuan merupakan campuran mineral yang bergabung secara fisik satu sama lain. Beberapa batuan terutama tersusun dari sejenis mineral saja, dan sebagian kecil lagi dibentuk oleh gabungan mineral, bahan organik serta bahan vulkanik.

Secara umum komposisi batuan di permukaan bumi didasarkan atas jenis batuanya didominasi oleh batuan sedimen hampir 66 % permukaan bumi, sedangkan 34 % berupa batuan *ektrusi*, *intrusive*, *metamorf* berturut-turut 8,9 % dan 17 % (Munir, 1995).

2.1.1 Jenis Batuan

Kerak bumi terdiri dari beraneka jenis batuan. Tiap-tiap batuan tersebut berbeda satu dengan yang lainnya, baik tentang corak, bentuk, warna, kandungan air. Batuan ini terbentuk kira-kira pada suhu 1200°C (Bateman dan Jensen, 1981). Batuan ini digolongkan berdasarkan :

1. Kandungan mineral, yaitu jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan tersebut
2. Tekstur batuan, yaitu ukuran dan bentuk dari partikel-partikel di dalam batuan tersebut

3. Struktur batuan, yaitu susunan pertikel mineral di dalam batuan.

Secara umum, batuan digolongkan menjadi tiga kelompok, yaitu :

a. Batuan Beku (*Igneus*)

Batuan beku terjadi akibat pembekuan magma dari dalam kerak bumi. Batuan ini biasanya tidak berlapis-lapis dan tidak mengandung fosil. Batuan ini dikelaskan berdasarkan sifat kandungan logam di dalamnya. Kebanyakan batuan beku itu keras dan kuat. Oleh karena itu, batuan ini sering dipakai membuat jalan raya, tugu-tugu peringatan dan batu-batu nisan yang berukir.

Dari segi asal kejadiannya, batuan ini di golongkan menjadi dua, yaitu :

1. Batuan *Igneus Plutonik*, batuan ini adalah batuan *igneus* yang terjadi di bagian bawah kerak bumi. Contoh batuan tersebut adalah *granit*, *diorite* dan *garbo*.
2. Batuan Gunung Merapi, batuan ini adalah batu cair yang telah mengalir keluar dari gunung merapi yang kita kenal sebagai lava. Lava ini membeku dengan cepat di permukaan bumi dan partikel yang dihasilkan berbentuk halus.

b. Batuan Endapan

Batuan endapan terjadi dari endapan yang terkumpul di kawasan perairan. Proses terjadinya batuan ini cukup lama. Batuan ini tersusun berlapis-lapis, oleh karena itu disebut batuan berlapis. Ciri-ciri batuan ini adalah mempunyai bentuk kasar, mungkin juga lembut dan keras. Bahan yang membentuk batuan ini mungkin telah diangkut oleh sungai-sungai, *glasier*, angin atau binatang-binatang. Banyak fosil-fosil binatang dan tumbuhan yang ditemukan pada batuan ini. Batuan ini dikelaskan berdasarkan umurnya, yaitu :

1. Batuan endapan yang terjadi secara mekanik. Batuan jenis ini terbentuk akibat perpaduan berbagai bahan yang terkumpul dari batuan lain. Batu pasir merupakan endapan yang paling banyak terdapat. Batuan ini terbentuk dari pasir atau serpihan-serpihan batu kuarsa. Batu pasir lebih sering disebut sebagai *grit*.
2. Batuan endapan yang terbentuk secara organik. Batuan ini terbentuk dari jasad-jasad remik. Contoh batuan ini adalah batuan kapur. Batuan yang

mengandung unsur karbon, biasanya terjadi secara organik. Sisa dari jasad renik yang telah menjadi batuan biasanya menjadi gambut, lignit atau arang batu.

3. Batuan endapan yang terjadi secara kimia. Batuan ini biasanya terbentuk dari endapan berbagai jenis larutan kimia. Contoh batuan ini adalah natrium klorid (batu garam), terbentuk akibat adanya lapisan yang sudah lama mengendap di dasar laut. Gypsum (Kalsium Sulfat), biasanya didapati pada proses pembekuan yang terjadi di Laut Mati yang airnya mengandung garam sangat tinggi.

c. Batuan Metamorfosis

Batuan metamorfosis adalah batuan yang telah mengalami perubahan fisika dan kimia akibat tekanan yang tinggi. Yang dimaksud perubahan fisika dan kimia adalah perubahan dari segi tekstur, struktur dan komposisi mineral batuan. Suhu yang dibutuhkan pada proses metamorfosis adalah 100°C hingga 800°C . Contoh dari batuan ini adalah batu marmer.

2.1.2 Sifat Kelistrikan Batuan

Bahan batuan yang ada di bumi ini mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menerima konduktivitas dan resistivitas listrik, seperti batuan yang berupa *granit*, *gyps* dan batu bara mempunyai resistivitas listrik yang tinggi (Lahee, 1952).

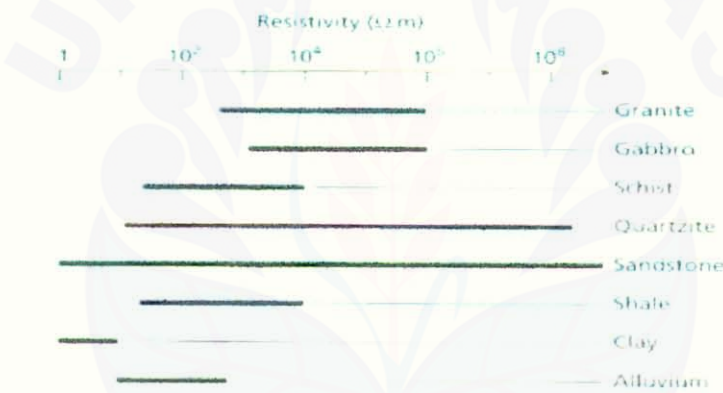
Semua lapisan batuan akan memiliki resistivitas yang berbeda-beda, hal ini disebabkan karena batuan dipengaruhi oleh adanya komposisi mineral yang berbeda, kandungan cairan yang berbeda serta dipengaruhi oleh adanya faktor lingkungan. Besarnya harga resistivitas dari berbagai batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Satuan sedimen atau batuan yang lainnya
2. Porositas batuan
3. pH yang dikandung air pada batuan

4. Adanya resistivitas yang berbeda antara tiap formasi batuan yang berbeda
5. Adanya temperatur yang berbeda tiap lapisan batuan
6. Adanya permeabilitas batuan (Soewali dan Soenarto, 1985).

Untuk batuan sedimen yang mengandung air biasanya akan memiliki resistivitas yang rendah jika dibandingkan dengan batuan yang lainnya seperti batuan beku dan batuan metamorf.

Batuan beku memiliki harga resistivitas yang sangat besar yaitu 10^4 ohm-meter. Batuan beku ini merupakan batuan yang kedap air, batuan beku ini biasanya bersifat sebagai akuifer, contoh batuan beku yang dapat berfungsi sebagai tempat akuifer adalah batuan lava Basalt (Sunardiyono, 1985).



Gambar 2.1 Aproksimasi nilai resistivitas macam-macam batuan

Tabel 2.1 Nilai resistivitas batuan dan mineral

Materi	Resistivity ($\Omega.m$)	Conductivity (Siemen/m)
<i>Igneous and Metamorphic Rocks</i>		
Granite	$5 \times 10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 2 \times 10^{-4}$
Basalt	$10^3 - 10^6$	$10^{-6} - 10^{-3}$
Slate	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$	$2.5 \times 10^{-8} - 1.7 \times 10^{-3}$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$	$4 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
Quartzite	$10^2 - 2 \times 10^8$	$5 \times 10^{-9} - 10^{-2}$
<i>Sedimentary Rocks</i>		
Sandstone	$8 - 4 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{-4} - 0.125$
Shale	$20 - 2 \times 10^3$	$5 \times 10^{-4} - 0.05$
Limestone	$50 - 4 \times 10^2$	$2.5 \times 10^{-3} - 0.02$
<i>Soil and Waters</i>		
Clay	1 - 100	0.01 - 1
Alluvium	10 - 800	$1.25 \times 10^{-3} - 0.1$
Groundwater (fresh)	10 - 100	0.01 - 0.1
Sea water	0.2	5

(Sumber : Astier, 1971)

Tabel 2.2 Harga resistivitas jenis tanah atau batuan

Jenis Tanah (Batuan)	Resistivitas (Ωm)
Lempung yang sangat basah dan lembek	< 1,5
Tanah lempung basah lembek	1,5 - 3,0
Lempung lanauan dan lanauan basah lembek (Lanauan lempung debu)	3,0 - 15
Tanah lanauan pasiran	15 - 150
Lempung berbatu (batuan dasar berkekar yang Berisi tanah lembab)	150 - 300
Pasir berkerikil bercampur lanau	± 300
Batuan dasara berisi tanah kering (lempung Pasiran)	300 - 2400
Batuan dasar tak lapuk (pasir)	>2400

(Sumber : Roy E, 1984)

2.2 Candi Deres

Candi adalah suatu perwujudan arsitektur kuno yang terbuat dari batu, yang banyak terdapat di Jawa Tengah dan Jawa Timur, berasal dari abad ke 8 dan ke 9 atau dari zaman Hindu dan Budha. Candi, umumnya berfungsi sebagai bangunan keagamaan, tempat menyimpan abu jenazah para raja, diyakini sebagai tempat bersemayam para dewa dan lain-lain (Anonim, 1994).

Candi dapat berupa bangunan kuil yang berdiri sendiri atau berkelompok. Dapat pula berupa bangunan berbentuk gapura beratap (Paduraksa) dan tidak beratap (Candi Bentar). Petirtaan yang dilengkapi kolam dan arca pancuran juga kerap disebut candi. Istilah "candi" umumnya hanya dikenal di Jawa Tengah dan Yogyakarta. Di daerah-daerah lain seperti Sumatera Utara dikenal istilah "biaro" dan di Jawa Timur istilah "cungkub". Namun, masyarakat lebih mengenal istilah candi, apa pun jenis bangunan kuno, termasuk reruntuhan dan di mana pun letaknya. Kata "candi" berasal dari salah satu nama untuk Dewi Durga, isteri Dewa Siwa, sebagai Dewi Maut, yaitu Candika (Arkeolog, 2003).

Candi adalah sebuah bangunan, yang biasanya berasal dari masa lampau dan berasal dari budaya Hindu-Buddha. Akan tetapi sebuah candi belum tentu dahulu kala pernah digunakan sebagai tempat ibadah. Banyak situs-situs purbakala yang ditemukan, dahulu kala berfungsi sebagai istana-istana, tempat permandian dan sebagainya (Anonim, 2007).

Candi Deres terletak di Dusun Deres, Desa Deres, Kecamatan Gumuk Mas Kabupaten Jember. Kecamatan Gumukmas mempunyai luas wilayah 82,96 Km² dengan ketinggian rata-rata 141 m dari atas permukaan laut. Kecamatan Gumukmas terdiri dari 7 desa yaitu : Mayangan, Menampu, Bagorejo, Gumukmas, Tembokrejo, Kepanjen, Purwosari. Batas Kecamatan Gumukmas yaitu sebelah Utara Kecamatan Umbulsari, di sebelah Timur Kecamatan Puger, sebelah Selatan Lautan Indonesia dan sebelah Barat Kecamatan Kencong.

Luas lokasi candi tersebut kurang lebih 572 m^2 . Candi tersebut terletak di lokasi area persawahan penduduk. Kondisi fisik bangunan candi tersebut telah terpisah menjadi dua bagian, seperti yang terlihat pada gambar (2.2a-2.2c)



Gambar 2.2a Foto lokasi Candi Deres tampak depan



Gambar 2.2b Foto lokasi Candi Deres



Gambar 2.2c Foto lokasi Candi Deres

2.3 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode geolistrik yang biasanya di gunakan untuk suatu eksplorasi dangkal (*shallow subsurface*). Metode ini merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian di atas permukaan yang dimaksud disini adalah pendeteksian yang meliputi pengukuran medan potensial, arus, dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi. Metode geolistrik yang terkenal antara lain: metode Potensial Diri (SP), arus *telluric*, *magnetotelluric*, elektromagnetik, IP (*Induced Polarization*), dan resistivitas (tahanan jenis) (Reynolds, 1997). Metode ini menggunakan sifat-sifat resistivitas sebagai media/ alat untuk mempelajari keadaan geologi di bawah permukaan.

Metode geolistrik resistivitas adalah metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas dari suatu lapisan batuan di dalam bumi. Metode ini sering digunakan karena mudah cara pengoperasiannya dan ekonomis. Metode geolistrik resistivitas sering digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal. Sehingga metode ini

banyak digunakan dalam bidang *engineering geology* seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air dan juga digunakan dalam eksplorasi geotermal. (Hartantyo, 2000).

Pada metode ini arus listrik diinjeksikan (dialirkan) ke dalam tanah melalui elektroda dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial listrik akan dapat dihitung variasi harga resistivitas pada lapisan permukaan bumi di bawah titik ukur (*Sounding point*) (Apparao, 1997). Pada metode ini dikenal banyak konfigurasi elektroda, diantaranya yang sering digunakan adalah: konfigurasi Wenner, konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner-Schlumberger, konfigurasi Dipol-dipol serta *Mise-a-la-masse* (Hendrajaya dan Idam, 1990). Kedalaman pengukuran dapat ditambah dengan menambah dari jarak (spasi) elektroda. Karena semakin besar spasi elektroda maka semakin dalam pula efek penembusan ke dalam medium. Metode kelistrikan ini banyak sekali ragamnya dan memiliki tingkat kesulitan relatif lebih tinggi dalam hal interpretasinya (menurunkan besaran-besarnya untuk keperluan interpretasi) dibandingkan dengan metode lainnya. Berdasarkan pada tujuan penyelidikan metode ini dibagi menjadi dua, yaitu *mapping* dan *sounding*.

2.3.1 Metoda resistivitas *mapping* (*profiling*)

Metode resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu pada metoda ini digunakan konfigurasi elektroda dengan spasi yang sama untuk semua titik pengukuran di permukaan bumi. Setelah itu baru dibuat kontur resistivitasnya.

2.3.2 Metoda resistivitas *sounding*

Metoda resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan bumi secara vertikal. Pengukuran dilakukan dengan mengubah-ubah jarak elektroda yang dilakukan dari jarak terkecil kemudian

membesar secara gradual. Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda semakin dalam lapisan batuan yang dapat diselidiki. Hasil dari pengukuran *sounding* ini kemudian diolah dengan metode pencocokan kurva.

2.4 Aliran Listrik di dalam Bumi

Arus listrik merupakan suatu gerakan elektron yang mengenai materi yang terjadi dalam proses pengaturan diri menuju ke kondisi kesetimbangan. Arus listrik terjadi karena adanya muatan listrik yang berpindah. Interaksi antar muatan listrik tersebut dapat menimbulkan tarik-menarik untuk muatan berbeda jenis atau proses tolak-menolak untuk muatan sejenis (Hendrajaya dan Arif, 1990).

Secara matematis, arus listrik yang mengalir pada suatu kawat penghantar dapat di gambarkan sebagai banyaknya muatan elektron yang menembus penampang kawat tersebut per satuan waktu :

$$I = \frac{dQ}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

dimana : I = arus listrik (ampere)

Q = jumlah elektron

t = waktu

Sedangkan rapat arus didefinisikan sebagai arus per satuan luas penampang yang ditembus :

$$dI = J \, dA \dots\dots\dots (2)$$

atau dapat ditulis sebagai :

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots (3)$$

dimana : J = rapat arus listrik (ampere/m²)

I = arus listrik (ampere)

A = luas penampang (m²)

2.5 Arus Listrik Dalam Medium Homogen

2.5.1 Titik Arus Tunggal Di Bawah Permukaan

Bumi dianggap sebagai medium yang homogen dan isotropis (Telford, *et al*, 1990). Ini merupakan pendekatan yang paling sederhana dalam mempelajari aliran listrik di dalam bumi.

Dimisalkan terdapat aliran arus listrik dalam sebuah medium yang isotropis. Jika δA adalah sebuah elemen permukaan dan J adalah rapat arus (A/m^2), maka arus yang melewati δA adalah $J \cdot \delta A$. Hubungan antara rapat arus dan intensitas medan listrik dinyatakan dengan Hukum Ohm, sebagai berikut:

$$J = \sigma E \dots\dots\dots (4)$$

dimana: $J = \frac{1}{A}$ = rapat arus

σ = konduktivitas medan

$E = \frac{V}{L}$ = intensitas medan listrik

dimana E memiliki satuan volt/meter.

Dari persamaan di atas maka diperoleh suatu persamaan umum untuk menentukan resistivitas suatu medium homogen, yaitu:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = R \frac{A}{L} \dots\dots\dots (5)$$

dimana: ρ = resistivitas material (ohm-meter)

L= panjang (meter)

R= resistivitas yang diukur (ohm)

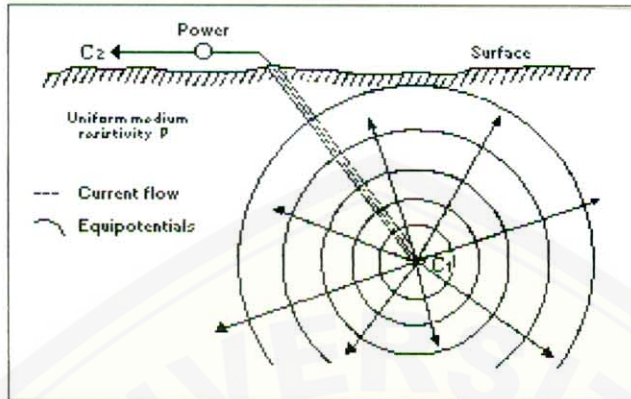
A= luas penampang (m^2)

Karena $R = \frac{\Delta V}{I}$, maka diperoleh persamaan:

$$\rho = \frac{\Delta V}{I} \frac{A}{L} \dots\dots\dots (6)$$

dimana: ΔV = beda potensial (volt)

I = kuat arus yang dilalui bahan (ampere)



(Sumber : Telford et al , 1976)

Gambar 2.3 Sumber Arus Titik di Bawah Permukaan medium homogen

Pada gambar 2.3, arus yang keluar dari sumber berupa titik yang mengalir secara radial, dan membentuk permukaan *equipotential* berupa permukaan kulit bola. Maka arus tersebut akan memenuhi persamaan :

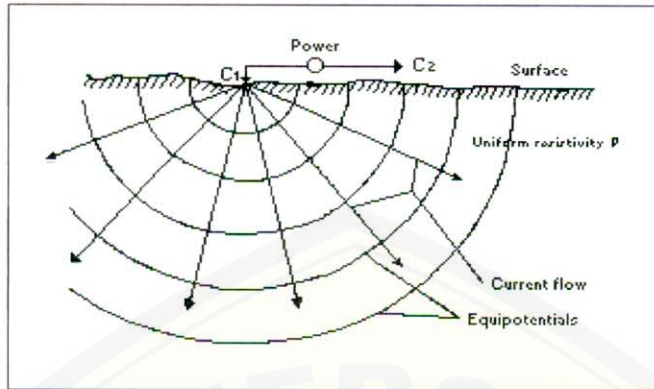
$$I = 4\pi r^2 J \quad \dots\dots\dots (7)$$

Maka beda potensial listrik yang terjadi adalah :

$$V = \frac{I\rho}{4\pi r} \quad \dots\dots\dots (8)$$

2.5.2 Titik Arus Tunggal Pada Permukaan

Suatu elektroda penghantar arus listrik (I) terletak pada permukaan medium homogen dan isotropis, pada gambar 2.4



(Sumber : Telford et al , 1976)

Gambar 2.4 Sumber Arus Titik pada Permukaan Medium Homogen

Aliran arus yang keluar dari titik sumber membentuk medan potensial dengan kontur *equipotential* berbentuk permukaan setengah bola di bawah permukaan.

Dengan meninjau permukaan setengah bola tersebut, maka arus yang melewati permukaan tersebut adalah :

$$I = 2\pi r^2 J \dots\dots\dots (9)$$

Bidang *equipotential* akan memenuhi persamaan :

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi r} \dots\dots\dots (10)$$

Dengan demikian harga resistivitas listrik yang diberikan oleh medium :

$$\rho = \frac{2\pi rV}{I} \dots\dots\dots (11)$$

2.5.3 Titik Arus Ganda Pada Permukaan

Apabila terdapat dua buah elektroda yang terpisah dengan jarak tertentu seperti gambar 2.5 pada permukaan homogen dan isotropis, maka potensial di sembarang titik pada permukaan tersebut akan dipengaruhi oleh kedua elektroda arus tersebut. Jika kedua elektroda arus tersebut disimbolkan dengan C_1 dan C_2 sedangkan elektroda potensial dilambangkan dengan P_1 dan P_2 , maka besarnya potensial di titik P_1 akibat pengaruh arus listrik oleh C_1 adalah :

$$V_1 = -\frac{A_1}{r_1} \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

$$A_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \dots\dots\dots (13)$$

Besarnya arus pada ke dua elektroda arus C₁ dan C₂ adalah sama dengan polaritas yang berbeda maka potensial di titik P₁ akibat arus listrik oleh C₂ adalah :

$$V_2 = -\frac{A_2}{r_2} \dots\dots\dots (14)$$

dengan :

$$A_2 = \frac{I\rho}{2\pi} = -A_1 \dots\dots\dots (15)$$

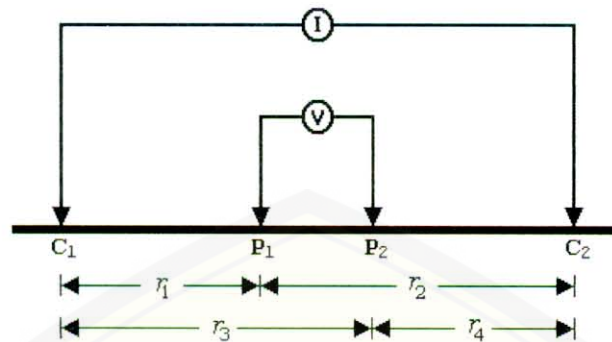
sehingga didapatkan :

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots\dots (16)$$

Potensial di titik P₂ juga dapat ditentukan berdasar analogi persamaan di atas. Beda diantara titik P₁ terhadap P₂ adalah :

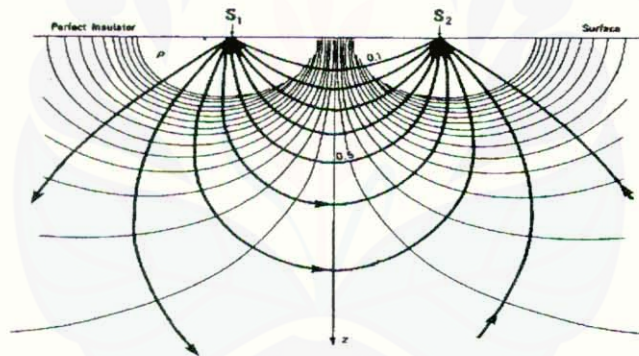
$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \dots\dots\dots (17)$$

Konfigurasi dengan empat elektroda inilah yang biasanya digunakan pada survei geolistrik resistivitas. Garis-garis arus dan bidang *equipotential* antara kedua elektroda arus membentuk setengah bola seperti pada gambar 2.5



(Sumber : Telford et al , 1976)

Gambar 2.5 Dua Pasang Elektroda Arus dan Potensial pada Permukaan Medium Homogen Isotropis dengan Tahanan Jenis ρ



(Sumber : Reynolds , 1997)

Gambar 2.6 Pola Aliran Arus dan Bidang *Equipotensial* antara Dua Elektroda Arus dengan Polaritas Berlawanan

2.6 Resistivitas Semu

Pada kondisi sesungguhnya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan tanah dengan ρ yang berbeda-beda. Potensial yang terukur adalah nilai medan potensial oleh medium berlapis. Dengan demikian resistivitas yang terukur di permukaan bumi bukanlah harga resistivitas yang sebenarnya melainkan resistivitas semu. Resistivitas semu yang terukur merupakan resistivitas gabungan dari beberapa lapisan tanah yang

dianggap sebagai satu lapisan homogen. Gambar 2.7 menunjukkan kondisi resistivitas bawah permukaan yang sesungguhnya terdiri dari dua lapisan dengan resistivitas yang berbeda (ρ_1 dan ρ_2). Namun resistivitas yang terukur di permukaan bumi hanya menunjukkan satu lapisan homogen yang ditunjukkan oleh suatu nilai resistivitas ρ_a . Harga resistivitas yang terukur di permukaan bumi tersebut merupakan resistivitas semu (ρ_{semu}). Resistivitas semu dapat ditentukan dari persamaan (18) atau dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (18)$$

atau

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (19)$$

dimana K merupakan faktor geometri yang merupakan faktor koreksi geometri letak yang bergantung pada relatif elektroda potensial terhadap elektroda arus.



(Sumber : Prayogo , 2003b.)

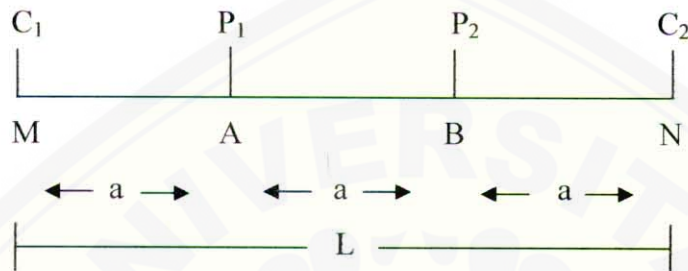
Gambar 2.7 Konsep resistivitas Semu.

2.7 Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_4 = a$ dan $r_2 = r_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik *sounding*-nya adalah $a/2$, maka jarak masing elektroda arus dengan titik *sounding*-nya adalah $3a/2$. Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah

$a/2$. Dalam akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik *sounding*.

Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama. Seperti yang tertera pada gambar 2.8:



(Sumber: Santoso, 2002)

Gambar 2.8 Model konfigurasi elektroda pada Wenner

Keterangan :

$L = AB =$ spasi elektroda arus

$a = MN =$ spasi elektroda potensial

Dari gambar di atas terlihat bahwa jarak $AM = NB = a$ dan jarak $AN = MB = 2a$, maka:

$$K = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)\right]} \dots\dots\dots (20)$$

$$K = 2\pi a \dots\dots\dots (21)$$

Sehingga faktor geometri untuk konfigurasi Wenner adalah:

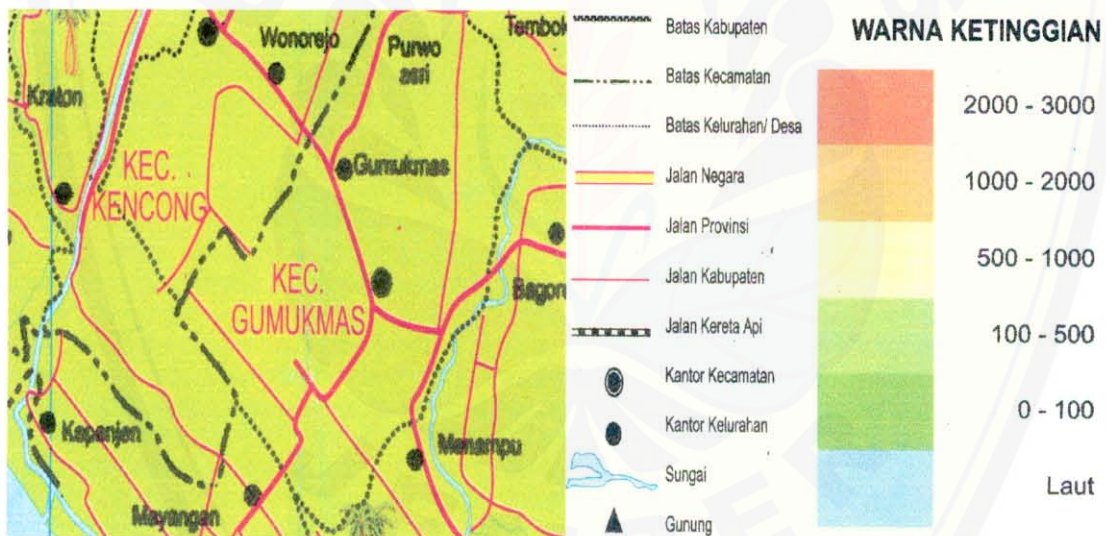
$$K_w = 2\pi a \text{ dan } \rho_w = K_w \cdot R \dots\dots\dots (22)$$



BAB 3. METODE PENELITIAN

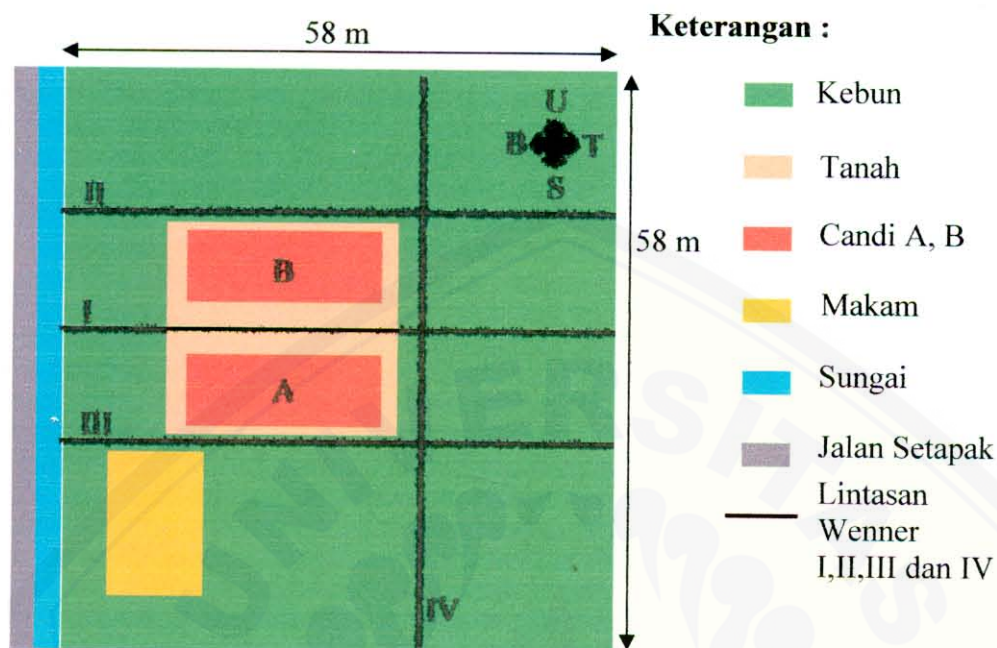
3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian untuk menyelidiki kemungkinan eksplorasi situs purbakala ini dilakukan pada bulan September 2007 sampai dengan Juli 2007 dan akuisisi datanya dilakukan pada bulan Mei 2007 di Candi Deres Dusun Deres, Desa Deres, Kecamatan Gumukmas, Kabupaten Jember dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D konfigurasi Wenner.



(Sumber: PT. Karya Pembina Swajaya, 2003)

Gambar 3.1a Peta Gumuk Mas (lokasi penelitian)



Gambar 3.1b Denah Lokasi dan lintasan penelitian

Gambar 3.1 adalah gambar peta dan denah lokasi penelitian di Gumukmas Jember. Luas lokasi / area penelitian adalah 3596 m^2 dengan panjang lokasi adalah 62 m dan lebarnya 58 m . Di lokasi ini terdapat dua buah candi. Jarak kedua candi tersebut adalah 14 m . Di lokasi candi tersebut juga terdapat area makam dengan luas kurang lebih 216 m^2 . Sedangkan luas area candi tersebut kurang lebih 572 m^2 . Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan spasi pertama 2 m ($n_1 = 2\text{m}$) sampai dengan $n_8 = 16\text{m}$. Pengukuran dilakukan dari arah barat ke timur. Lintasan yang digunakan yaitu 4 lintasan. Lintasan I berada di antara kedua candi, lintasan II berada di sebelah utara candi B, lintasan III berada di antara candi A dan makam dan lintasan IV berada di sebelah timur kedua candi tersebut. Untuk lintasan I diperoleh data 132 data, begitu juga dengan lintasan II, III dan IV, masing-masing 132 data. Sehingga total data yang diperoleh dalam pengukuran tersebut adalah 528 data.

3.2 Alat Penelitian

Untuk pengambilan data lapangan diperlukan alat pengukur dan peralatan pendukung sebagai berikut :

- ❑ *Resistivitymeter*
- ❑ *Global Positioning system (GPS)*
- ❑ 4 rol kabel panjang
- ❑ 4 batang elektroda
- ❑ palu
- ❑ 1 rol meteran
- ❑ Alat tulis

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas 2D dengan konfigurasi Wenner. Dengan menggunakan metode ini, diperoleh suatu nilai variasi resistivitas bawah permukaan, sehingga dengan memanfaatkan distribusi bawah permukaan tersebut, dapat diketahui adanya anomali bawah permukaan yang diteliti.

Obyek dari penelitian ini adalah batuan purbakala yang berasal dari Candi Deres. Batuan tersebut kemungkinan berada di bawah permukaan dan dapat terdeteksi dari nilai resistivitasnya. Pengambilan data pada obyek penelitian tersebut dengan cara mengalirkan arus ke dalam tanah melalui titik elektroda, dan kemudian mengukur harga potensial dengan elektroda lain yang segaris atau dekat dengan titik arus yang dialirkan. Kemudian kita dapat menghitung harga resistivitas berdasarkan besar arus dan potensial yang terukur. Kedalaman pengukuran dapat ditambah dengan menambah jarak (spasi) elektroda. Semakin besar spasi elektroda maka semakin dalam efek penembusan ke dalam medium. Disini kami melakukan satu kali pengukuran, yaitu metoda resistivitas *mapping (profiling)* yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas secara horizontal. Oleh karena itu pada metoda ini

digunakan konfigurasi elektroda dan spasi yang sama untuk semua titik pengamatan di permukaan bumi. Setelah itu baru dibuat kontur resistivitasnya.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Akuisisi Data

a. Akuisisi Data Primer

Data dari hasil pengukuran lapangan adalah berupa arus, tegangan dan jarak spasi. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengukur panjang lintasan.
2. Mengukur spasi awal yaitu $a = 2 \text{ m}$ (n_1) dan ditandai dengan pasak. Pengukuran ini disesuaikan dengan aturan konfigurasi Wenner.
3. Memasang keempat elektroda yaitu dua elektroda arus dan dua elektroda potensial di tempat yang sudah ditandai dengan pasak.
4. Menghubungkan keempat elektroda tersebut dengan *resistivimeter*.
5. Mengaktifkan *resistivimeter*, kemudian melakukan injeksi arus listrik dalam tanah.
6. Mencatat nilai tegangan (volt) dan arus (ampere) sebagai hasil pencatatan akhir dari alat *resistivimeter*.
7. Memindahkan posisi elektroda sesuai dengan aturan konfigurasi Wenner, kemudian menginjeksikan arus dan mencatat hasilnya. Pemindahan dilakukan terus sampai melingkupi seluruh panjang lintasan.
8. Pada pengukuran kedua (n_2), spasi diubah menjadi $2a$, kemudian melakukan hal yang sama seperti langkah di atas sampai pengukuran ketujuh dengan memperbesar spasi $a = 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14$ dan 16 m (n_8).

Dari pengukuran di atas kedalaman yang dapat terdeteksi mencapai 7 meter.

Pengukuran posisi penelitian dilakukan dengan menggunakan GPS *map 60 CS*. Data yang didapatkan dari pengukuran ini berupa posisi derajat dan elevasi. Pengambilan data ini selain digunakan untuk mengetahui posisi lokasi penelitian,

juga digunakan untuk mengetahui peta kontur topografi lokasi penelitian. Peta kontur topografi ini digunakan untuk menentukan letak lintasan yang akan diambil.

b. Akuisisi Data Sekunder

Untuk mempermudah analisa dan mendukung data di atas, dilakukan pengambilan data yang berkaitan dengan lokasi penelitian. Data tersebut berupa posisi lokasi penelitian, luas lokasi penelitian. Data tentang letak candi deres Gumukmas, didapatkan dengan cara melakukan observasi dan wawancara dengan penduduk dan petugas daerah setempat.

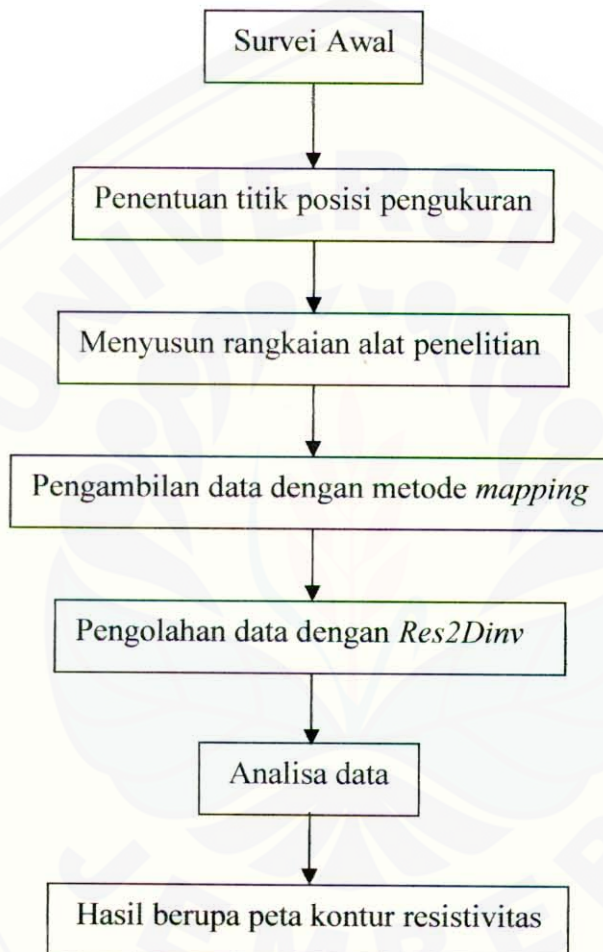
c. Pengolahan dan Analisa Data

Dari data hasil pengukuran, yaitu arus listrik yang mengalir (I) dan potensial listrik (V), maka nilai resistivitas semu dari hasil perhitungan diolah dengan menggunakan program Res2dinv untuk inversi 2 dimensi. Dari inversi 2D tersebut diperoleh penampang resistivitas yang menggambarkan anomali resistivitas listrik di bawah permukaan tanah yang diteliti.

Res2dinv adalah program komputer yang secara otomatis menentukan resistivitas 2 dimensi (2-D) untuk daerah bawah permukaan dari data hasil survei geolistrik.

3.4.2 Diagram Penelitian

Secara umum jalannya penelitian di atas dapat digambarkan melalui diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.2 Diagram penelitian



BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Hasil Penelitian

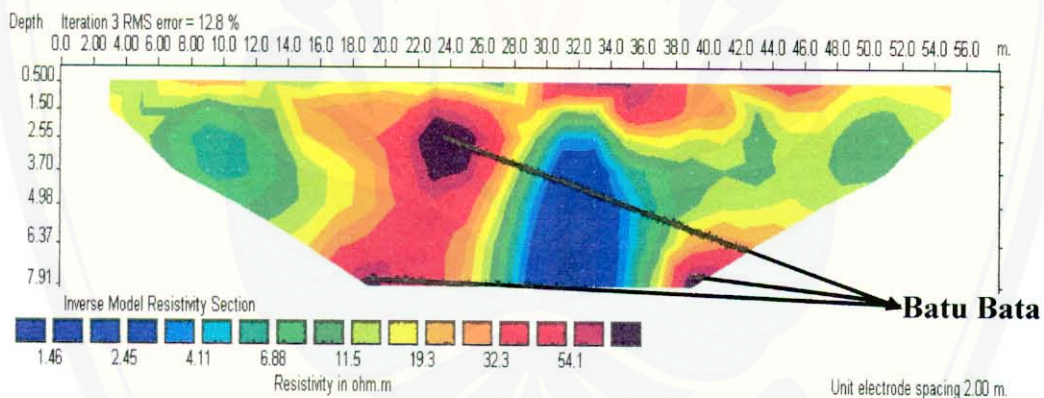
4.1.1 Data Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian di lapangan diperoleh data yang terdapat pada lampiran

A.

a. Lintasan I

Lintasan I merupakan lintasan yang berada di antara kedua candi (gambar 3.1b), dan diperoleh gambar pencitraan bawah permukaan tanahnya pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Penampang lintang Resistivitas lintasan I Candi Deres

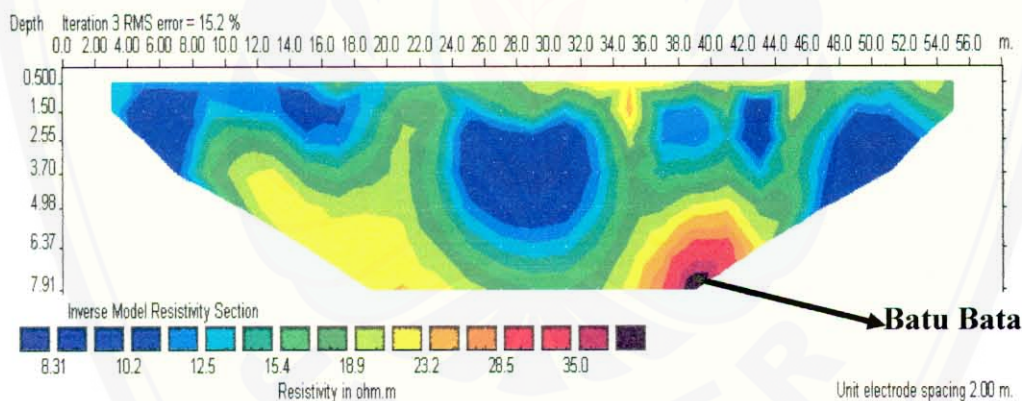
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, diperoleh nilai resistivitas semu (ρ_a) berkisar antara 11,175 Ωm sampai dengan 35,191 Ωm . Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv diperoleh nilai resistivitas berkisar antara 1,46 Ωm sampai dengan 54,1 Ωm . Berdasarkan tabel 2.2 (Roy E, 1984), diperoleh jenis batuan (tanah) yang ditunjukkan pada gambar di atas yaitu pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Distribusi lapisan permukaan bawah tanah lintasan I

No	Warna Kontur	Jenis Tanah	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ωm)
1	Biru tua	Lempung yang sangat basah dan lembek	3,70	1,45
2	Biru	Lempung lembek	2,55	2,45
3	Biru muda	Lempung lanauan dan lempung basah lembek(Lanauan lempung debuan)	1,8-7,91	4,11
4	Hijau	Lanauan pasiran	0,5-7,91	6,88-11,5
5	Kuning	Lanauan pasiran	0,5-7,91	19,3
6	Merah	Lanauan pasiran/Batu bata	0,5-7,91	32,3-54,1

b. Lintasan II

Lintasan II merupakan lintasan yang berada di sebelah utara candi B (gambar 3.1b), dan diperoleh gambar pencitraan bawah permukaan tanahnya pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Penampang lintang Resistivitas lintasan II Candi Deres

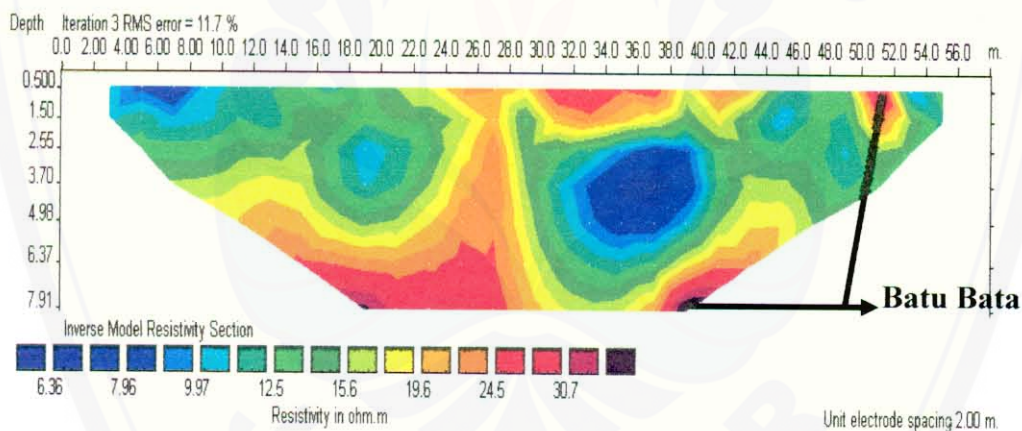
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, diperoleh nilai resistivitas semu (ρ_a) 8,179 Ωm sampai dengan 28,015 Ωm . Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv diperoleh nilai resistivitas berkisar antara 8,31 Ωm sampai dengan 35,0 Ωm . Berdasarkan tabel 2.2 (Roy E, 1984), diperoleh jenis batuan (tanah) yang ditunjukkan pada gambar di atas yaitu pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Distribusi lapisan permukaan bawah tanah lintasan II

No	Warna Kontur	Jenis Tanah	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ωm)
1	Biru	Lempung lanauan dan lempung basah Lembek (Lanauan lempung debuan)	0,5-6,5	8,31-12,5
2	Hijau	Lanauan pasir	0,5-7,91	15,4-18,9
3	Kuning	Lanauan pasir	0,5-7,91	23,2
4	Merah	Lanauan pasir/Batu bata	5,0-7,91	28,8-35,5

c. Lintasan III

Lintasan III merupakan lintasan yang berada di antara candi A dan makam (gambar 3.1b), dan diperoleh gambar pencitraan bawah permukaan tanahnya pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Penampang lintang Resistivitas lintasan III Candi Deres

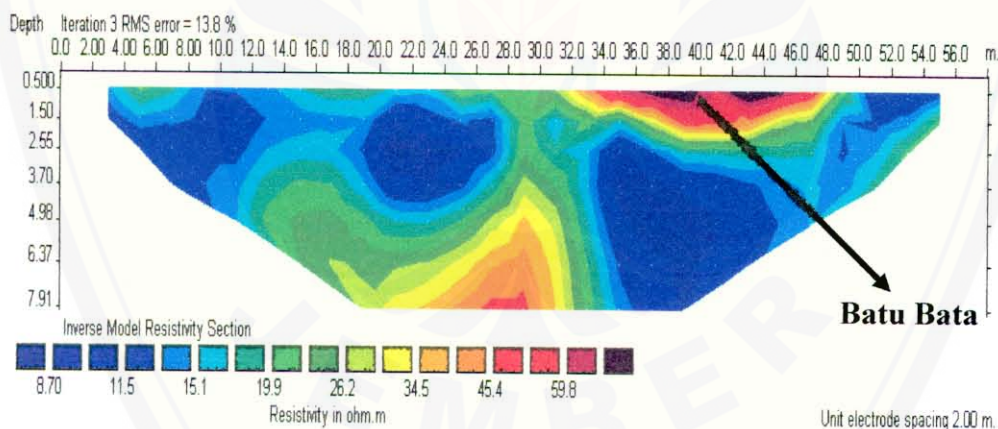
Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, diperoleh nilai resistivitas semu (ρ_a) $9,005 \Omega m$ sampai dengan $29,553 \Omega m$. Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv diperoleh nilai resistivitas berkisar antara $6,36 \Omega m$ sampai dengan $30,7 \Omega m$. Berdasarkan tabel 2.2 (Roy E, 1984), diperoleh jenis batuan (tanah) yang ditunjukkan pada gambar di atas yaitu pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Distribusi lapisan permukaan bawah tanah lintasan III

No	Warna Kontur	Jenis Tanah	Kedalaman (m)	Nilai Resistivitas (Ωm)
1	Biru	Lempung lanauan dan lempung basah Lembek (Lanauan lempung debuan)	0,5-7,91	6,36-9,97
2	Hijau muda	Lempung lanauan dan lempung basah Lembek (Lanauan lempung debuan)	0,5-7,91	12,5
3	Hijau tua	Lanauan pasiran	0,5-7,91	15,6
4	Kuning	Lanauan pasiran	0,5-7,91	19,6
5	Merah	Lanauan pasiran/Batu bata	5,0-7,91	24,5-30,7

d. Lintasan IV

Lintasan IV merupakan lintasan yang berada di sebelah timur kedua candi tersebut (gambar 3.1b), dan diperoleh gambar pencitraan bawah permukaan tanahnya pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penampang lintang Resistivitas lintasan IV Candi Deres

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, diperoleh nilai resistivitas semu (ρ_a) $10,634 \Omega m$ sampai dengan $57,112 \Omega m$. Setelah diolah dengan *software* Res2Dinv diperoleh nilai resistivitas berkisar antara $8,70 \Omega m$ sampai dengan

59,80 Ωm . Berdasarkan tabel 2.2 (Roy E, 1984), diperoleh jenis batuan (tanah) yang ditunjukkan pada gambar di atas yaitu pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Distribusi lapisan permukaan bawah tanah lintasan IV

No	Warna Kontur	Jenis Tanah	Kedalaman (<i>m</i>)	Nilai Resistivitas (Ωm)
1	Biru	Lempung lanauan dan lempung basah Lembek (Lanauan lempung debuan)	0,5-6,0	8,7-15,1
2	Hijau	Lanauan pasiran	0,5-7,91	19,9-26,2
3	Kuning	Lanauan pasiran	0,5-1,7 dan 1,8-7,91	34,5
4	Merah	Lanauan pasiran/Batu bata	0,5-1,7 dan 5,9-7,91	45,4-59,8

4.2 Analisis Data

Setelah data resistivitas semu (ρ_a) dari pengukuran di lapangan diperoleh, selanjutnya dilakukan inversi dengan menggunakan *software* Res2Dinv. Dengan menggunakan *software* Res2Dinv ini data resistivitas semunya (ρ_a) diubah menjadi resistivitas sebenarnya (ρ). Hasil inversi menggunakan *software* Res2Dinv diperoleh penampang resistivitas dari keempat lintasan. Penampang resistivitas tersebut ditampilkan dalam bentuk citra warna yang berbeda-beda dan disertai dengan kedalaman lapisan batuan yang diteliti. Warna-warna tersebut menunjukkan nilai resistivitas yang tertentu pula. Dari warna-warna tersebut, maka akan diperoleh informasi tentang kondisi lapisan bawah permukaan tanah.



BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan, ternyata metode geolistrik resistivitas 2D dapat digunakan untuk memetakan adanya situs purbakala di sekitar Candi Deres. Dari hasil penelitian tersebut, diduga masih ada bagian-bagian dari Candi Deres yang terkubur di bawah permukaan tanah. Dengan kedalaman obyek berkisar antara $0,50m$ sampai dengan $7,91m$. Data yang diperoleh dari perhitungan menunjukkan nilai resistivitas batu bata identik dengan nilai resistivitas batu bata yang mengacu pada tabel batuan Roy E, 1984.

6.2 Saran

Saran yang penulis kemukaan antara lain :

- Untuk melengkapi data penelitian yang sudah ada, maka perlu dilakukan penambahan satu lintasan lagi pada penelitian berikutnya, yaitu arah melintang yang memotong kedua candi tersebut (Utara-Selatan).
- Hasil pada penelitian ini dipetakan dalam bentuk 2 dimensi untuk menganalisa posisi obyek. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dikembangkan pengolahan data menggunakan program 3 dimensi sehingga posisi obyek/kedalamannya bisa diketahui dengan lebih akurat lagi.
- Mengingat penting dan berharganya masalah peninggalan purbakala ini, maka kita perlu melakukan perawatan lebih baik lagi terhadap peninggalan-peninggalan sejarah yang mempunyai nilai historis cukup tinggi di jaman sekarang ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1994. <http://www.senibudaya-nus.co.id/id/arsitektur/jawa.html>. PT. Seni Budaya Nus
- Anonim. 23 Februari 2007. <http://id.wikipedia.org/wiki/Candi>. Wikipedia Indonesia
- Anonim. 2007. <http://students.ukdw.ac.id/~22033269/obyek.html>
- Apparao, A. 1997. *Development in Geoelectrical Methods*. National Geophysics Research Institute Hyderabad. India
- Arkeolog. 2003. <http://www.sinarharapan.co.id/feature/wisata/2004/0205/wis03.html>. Sinar Harapan
- Astier, J.L. 1971. *Geophysique appliquee a l'hydrogeologie*. Masson & Cie. Diteurs: Paris
- Bateman, A.M dan Jensen, M.L. 1981. *Economic Mineral Deposit*. Edisi ketiga. John Wiley dan Sons. New York
- Candranofa, et.al. 2001. *Penentuan Situs Purbakala di Sekitar Candi Entong Dengan Metode Resistivitas*. <http://journal.unsri.ac.id/detail.php?no=58>. Diakses pada bulan Oktober
- Hartantyo, E. 2000. Estimasi Kesalahan Pengukuran Lapangan Geolistrik Sounding dengan Pencocokan Banyak Lapis. *Makalah*. Disajikan dalam Prosiding PIT-HAGI ke-25, Bandung tanggal 3-4 Oktober 2000
- Hendrajaya, L., dan I. Arif, 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Terbitan pertama. Fisika Bumi ITB. Bandung
- Kalmiwan et.al. 2000. *Penyelidikan Keberadaan Mata Air Panas Krakal, Desa Krakal, Kec.Alian, Kab.Kebumen, Jawa Tengah dengan Metode Resistivitas*. Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, 25, p.42-48
- Lahee, F. 1952. *Field Geology*. McGraw-Hill Book Company. United States of America

- Loke, M. H. 1997. *A practical guide to 2-D and 3-D survey (Online)*. http://www.geophysik.unikoeln.de/studium/WS04/verlesung/env_geoscience/chapter2.pdf. Diakses pada bulan Maret
- Marwati, D. dan Nugroho, N. 1993. *Sejarah Nasional Indonesia, IV*. Balai Pustaka: Jakarta
- Munir, M. 1995. *Geologi dan Mineralogi Tanah*. PT. Dunia Pustaka Jaya : Jakarta
- PT. Karya Pembina Swajaya. 2003. *Peta dan Indeks Jember*. Surabaya: PT. Karya Pembina Swajaya.
- Reynolds, J. M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley and Sons Ltd. Baffins, Chichester, West Sussex PO19 1UD, England
- oy, E. 1984. *Geotechnical Engineering Investigation Manual*. Mc Graw Hill. New York
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. ITB :Bandung
- Soewali dan Soenarto. 1985. *Metode Geolistrik Cara Tahanan Jenis Untuk Penyelidikan Air Tanah*. P2AT Wilayah Besuki, Jawa Timur
- Sumarsih, Sri. 1985. *Risalah Sejarah dan Budaya. Seri Terjemahan Naskah Kuno*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jendral Kebudayaan. Balai Kajian Sejarah dan Nilai Tradisional. Yogyakarta
- Sunardiyono. 1985. *Geofisika Eksplorasi*. P2AT Wilayah Besuki. Jawa Timur
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sherif, R.E., Keys, D.D., 1976, *Applied Geophysics First Edition*, New York, Cambridge University Press. Cambridge
- Triharyanto E. dan Rochmani Siti K. 1997. *Candi Gentong : Mandala Stupa Masa Majapahit*. Cinandi, 186-191. UGM. Yogyakarta

LAMPIRAN A

Tabel A.1 Data hasil penelitian dan perhitungan pada lintasan I

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
1	0.1082	0.121	12.56	3	2	14.045841
2	0.1081	0.106	12.56	5	2	12.3160037
3	0.1078	0.122	12.56	7	2	14.2144712
4	0.1082	0.103	12.56	9	2	11.9563771
5	0.1082	0.111	12.56	11	2	12.8850277
6	0.1079	0.123	12.56	13	2	14.3177016
7	0.1082	0.139	12.56	15	2	16.135305
8	0.1082	0.17	12.56	17	2	19.7338262
9	0.1083	0.158	12.56	19	2	18.3239151
10	0.1081	0.198	12.56	21	2	23.0053654
11	0.1072	0.147	12.56	23	2	17.2231343
12	0.1079	0.168	12.56	25	2	19.5558851
13	0.1079	0.148	12.56	27	2	17.2278035
14	0.1064	0.151	12.56	29	2	17.824812
15	0.1075	0.203	12.56	31	2	23.7179535
16	0.1073	0.225	12.56	33	2	26.3373719
17	0.1071	0.253	12.56	35	2	29.6702148
18	0.1076	0.266	12.56	37	2	31.0498141
19	0.1074	0.248	12.56	39	2	29.0026071
20	0.1061	0.188	12.56	41	2	22.2552309
21	0.1076	0.188	12.56	43	2	21.9449814
22	0.1078	0.162	12.56	45	2	18.8749536
23	0.1067	0.154	12.56	47	2	18.1278351
24	0.1078	0.15	12.56	49	2	17.4768089
25	0.1076	0.153	12.56	51	2	17.8594796
26	0.1077	0.137	12.56	53	2	15.9769731
27	0.1076	0.1406	12.56	55	2	16.4120446
28	0.1083	0.054	25.12	6	4	12.5252078
29	0.1081	0.057	25.12	8	4	13.2455134
30	0.1082	0.059	25.12	10	4	13.697597
31	0.1082	0.054	25.12	12	4	12.5367837
32	0.1084	0.058	25.12	14	4	13.4405904
33	0.1081	0.066	25.12	16	4	15.3369103
34	0.1085	0.138	25.12	18	4	31.9498618
35	0.1072	0.137	25.12	20	4	32.1029851
36	0.1082	0.161	25.12	22	4	37.3781885
37	0.1078	0.176	25.12	24	4	41.0122449
38	0.108	0.071	25.12	26	4	16.5140741

Lanjutan tabel A.1

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
39	0.1083	0.061	25.12	28	4	14.1488458
40	0.1079	0.074	25.12	30	4	17.2278035
41	0.1065	0.064	25.12	32	4	15.0955869
42	0.1081	0.066	25.12	34	4	15.3369103
43	0.1072	0.075	25.12	36	4	17.5746269
44	0.1074	0.074	25.12	38	4	17.3080074
45	0.1082	0.062	25.12	40	4	14.394085
46	0.1079	0.064	25.12	42	4	14.899722
47	0.1079	0.075	25.12	44	4	17.4606117
48	0.1082	0.076	25.12	46	4	17.6443623
49	0.1081	0.056	25.12	48	4	13.013136
50	0.1086	0.052	25.12	50	4	12.0279926
51	0.1085	0.062	25.12	52	4	14.3542857
52	0.1088	0.051	37.68	9	6	17.6625
53	0.1087	0.043	37.68	11	6	14.9056118
54	0.1086	0.057	37.68	13	6	19.7767956
55	0.1087	0.053	37.68	15	6	18.3720331
56	0.1086	0.06	37.68	17	6	20.8176796
57	0.1082	0.06	37.68	19	6	20.8946396
58	0.1086	0.056	37.68	21	6	19.4298343
59	0.1076	0.043	37.68	23	6	15.0579926
60	0.1084	0.053	37.68	25	6	18.4228782
61	0.1081	0.052	37.68	27	6	18.1254394
62	0.1084	0.052	37.68	29	6	18.0752768
63	0.1075	0.053	37.68	31	6	18.5771163
64	0.1087	0.052	37.68	33	6	18.025391
65	0.1066	0.045	37.68	35	6	15.9061914
66	0.1084	0.046	37.68	37	6	15.9896679
67	0.1082	0.043	37.68	39	6	14.9744917
68	0.1079	0.032	37.68	41	6	11.1747915
69	0.1084	0.05	37.68	43	6	17.3800738
70	0.108	0.058	37.68	45	6	20.2355556
71	0.1084	0.057	37.68	47	6	19.8132841
72	0.1083	0.049	37.68	49	6	17.0481994
73	0.1085	0.0352	50.24	12	8	16.2990599
74	0.1087	0.0363	50.24	14	8	16.7774793
75	0.1087	0.0373	50.24	16	8	17.2396688
76	0.1084	0.0378	50.24	18	8	17.5191144
77	0.1086	0.0333	50.24	20	8	15.4050829
78	0.1083	0.0356	50.24	22	8	16.5147184
79	0.1075	0.0361	50.24	24	8	16.871293
80	0.109	0.0362	50.24	26	8	16.685211

Lanjutan tabel A.1

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
81	0.109	0.0362	50.24	28	8	16.685211
82	0.1082	0.025	50.24	30	8	11.6081331
83	0.1091	0.035	50.24	32	8	16.1173236
84	0.109	0.031	50.24	34	8	14.2884404
85	0.1085	0.031	50.24	36	8	14.3542857
86	0.1089	0.033	50.24	38	8	15.2242424
87	0.1086	0.027	50.24	40	8	12.4906077
88	0.1085	0.034	50.24	42	8	15.7434101
89	0.1087	0.037	50.24	44	8	17.101012
90	0.1089	0.039	50.24	46	8	17.9922865
91	0.1089	0.032	62.8	15	10	18.4536272
92	0.1085	0.034	62.8	17	10	19.6792627
93	0.1086	0.034	62.8	19	10	19.6611418
94	0.1089	0.029	62.8	21	10	16.7235996
95	0.1086	0.033	62.8	23	10	19.0828729
96	0.1083	0.034	62.8	25	10	19.7156048
97	0.1088	0.035	62.8	27	10	20.2022059
98	0.1079	0.029	62.8	29	10	16.8785913
99	0.1093	0.031	62.8	31	10	17.8115279
100	0.1091	0.029	62.8	33	10	16.6929423
101	0.109	0.027	62.8	35	10	15.5559633
102	0.1091	0.03	62.8	37	10	17.268561
103	0.1089	0.035	62.8	39	10	20.1836547
104	0.1086	0.037	62.8	41	10	21.3959484
105	0.1089	0.033	62.8	43	10	19.030303
106	0.1088	0.032	75.36	18	12	22.1647059
107	0.1085	0.035	75.36	20	12	24.3096774
108	0.1088	0.037	75.36	22	12	25.6279412
109	0.1088	0.03	75.36	24	12	20.7794118
110	0.1079	0.029	75.36	26	12	20.2543095
111	0.1074	0.034	75.36	28	12	23.8569832
112	0.1089	0.025	75.36	30	12	17.3002755
113	0.1082	0.026	75.36	32	12	18.1086876
114	0.109	0.027	75.36	34	12	18.667156
115	0.109	0.023	75.36	36	12	15.9016514
116	0.1092	0.025	75.36	38	12	17.2527473
117	0.1091	0.03	75.36	40	12	20.7222731
118	0.109	0.039	87.92	21	14	31.4576147
119	0.1074	0.033	87.92	23	14	27.0145251
120	0.1084	0.026	87.92	25	14	21.0878229
121	0.1085	0.026	87.92	27	14	21.0683871
122	0.1088	0.027	87.92	29	14	21.8183824

Lanjutan tabel A.1

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
123	0.1088	0.029	87.92	31	14	23.4345588
124	0.1087	0.025	87.92	33	14	20.2207912
125	0.1091	0.025	87.92	35	14	20.1466544
126	0.1091	0.027	87.92	37	14	21.7583868
127	0.1089	0.028	100.48	24	16	25.8350781
128	0.1089	0.033	100.48	26	16	30.4484848
129	0.1085	0.038	100.48	28	16	35.1911521
130	0.1083	0.035	100.48	30	16	32.4727608
131	0.109	0.029	100.48	32	16	26.733211
132	0.1089	0.033	100.48	34	16	30.4484848

Tabel A. 2 Data hasil penelitian dan perhitungan pada lintasan II

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
1	0.1088	0.115	12.56	3	2	13.2757353
2	0.1086	0.106	12.56	5	2	12.2593002
3	0.1088	0.104	12.56	7	2	12.0058824
4	0.1088	0.103	12.56	9	2	11.8904412
5	0.1086	0.107	12.56	11	2	12.374954
6	0.1088	0.105	12.56	13	2	12.1213235
7	0.1088	0.102	12.56	15	2	11.775
8	0.1087	0.129	12.56	17	2	14.9056118
9	0.1087	0.119	12.56	19	2	13.750138
10	0.1088	0.1363	12.56	21	2	15.7346324
11	0.1088	0.1262	12.56	23	2	14.5686765
12	0.1088	0.1391	12.56	25	2	16.0578676
13	0.1088	0.1324	12.56	27	2	15.2844118
14	0.1088	0.1429	12.56	29	2	16.4965441
15	0.1088	0.1477	12.56	31	2	17.0506618
16	0.1087	0.1554	12.56	33	2	17.9560626
17	0.1088	0.1419	12.56	35	2	16.3811029
18	0.1088	0.1593	12.56	37	2	18.3897794
19	0.1086	0.1423	12.56	39	2	16.4575322
20	0.1087	0.1377	12.56	41	2	15.910874
21	0.1086	0.1431	12.56	43	2	16.5500552
22	0.1086	0.1303	12.56	45	2	15.0696869
23	0.1086	0.1267	12.56	47	2	14.6533333
24	0.1086	0.1396	12.56	49	2	16.145267
25	0.1085	0.1169	12.56	51	2	13.5323871
26	0.1085	0.146	12.56	53	2	16.9010138
27	0.1083	0.1243	12.56	55	2	14.4155863

Lanjutan tabel A.2

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
28	0.1088	0.052	25.12	6	4	12.0058824
29	0.1087	0.058	25.12	8	4	13.4034959
30	0.1087	0.058	25.12	10	4	13.4034959
31	0.1088	0.054	25.12	12	4	12.4676471
32	0.1087	0.055	25.12	14	4	12.7102116
33	0.109	0.062	25.12	16	4	14.2884404
34	0.1089	0.064	25.12	18	4	14.7629017
35	0.1087	0.059	25.12	20	4	13.6345906
36	0.1087	0.06	25.12	22	4	13.8656854
37	0.1088	0.062	25.12	24	4	14.3147059
38	0.1088	0.064	25.12	26	4	14.7764706
39	0.1088	0.063	25.12	28	4	14.5455882
40	0.1088	0.07	25.12	30	4	16.1617647
41	0.1088	0.063	25.12	32	4	14.5455882
42	0.1088	0.07	25.12	34	4	16.1617647
43	0.1088	0.064	25.12	36	4	14.7764706
44	0.1088	0.061	25.12	38	4	14.0838235
45	0.1088	0.06	25.12	40	4	13.8529412
46	0.1088	0.063	25.12	42	4	14.5455882
47	0.1088	0.064	25.12	44	4	14.7764706
48	0.1086	0.062	25.12	46	4	14.3410681
49	0.1088	0.062	25.12	48	4	14.3147059
50	0.1087	0.06	25.12	50	4	13.8656854
51	0.1087	0.062	25.12	52	4	14.3278749
52	0.1084	0.043	37.68	9	6	14.9468635
53	0.1075	0.05	37.68	11	6	17.5255814
54	0.1075	0.055	37.68	13	6	19.2781395
55	0.1082	0.041	37.68	15	6	14.2780037
56	0.1083	0.049	37.68	17	6	17.0481994
57	0.1086	0.05	37.68	19	6	17.3480663
58	0.1086	0.049	37.68	21	6	17.001105
59	0.1086	0.046	37.68	23	6	15.960221
60	0.1083	0.045	37.68	25	6	15.6565097
61	0.1086	0.047	37.68	27	6	16.3071823
62	0.1085	0.044	37.68	29	6	15.2803687
63	0.1083	0.046	37.68	31	6	16.0044321
64	0.1084	0.045	37.68	33	6	15.6420664
65	0.1084	0.048	37.68	35	6	16.6848708
66	0.1085	0.055	37.68	37	6	19.1004608
67	0.1081	0.042	37.68	39	6	14.639778
68	0.1087	0.041	37.68	41	6	14.2123275
69	0.1086	0.056	37.68	43	6	19.4298343

Lanjutan tabel A.2

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
70	0.1084	0.057	37.68	45	6	19.8132841
71	0.105	0.052	37.68	47	6	18.6605714
72	0.1086	0.033	37.68	49	6	11.4497238
73	0.1081	0.033	50.24	12	8	15.3369103
74	0.1074	0.035	50.24	14	8	16.3724395
75	0.1069	0.035	50.24	16	8	16.4490178
76	0.106	0.029	50.24	18	8	13.7449057
77	0.1084	0.033	50.24	20	8	15.2944649
78	0.1085	0.035	50.24	22	8	16.2064516
79	0.1076	0.035	50.24	24	8	16.3420074
80	0.1081	0.029	50.24	26	8	13.4778908
81	0.1079	0.029	50.24	28	8	13.502873
82	0.1083	0.028	50.24	30	8	12.9891043
83	0.1082	0.033	50.24	32	8	15.3227357
84	0.1082	0.043	50.24	34	8	19.9659889
85	0.1082	0.041	50.24	36	8	19.0373383
86	0.1069	0.035	50.24	38	8	16.4490178
87	0.1071	0.029	50.24	40	8	13.6037348
88	0.1053	0.028	50.24	42	8	13.3591643
89	0.1081	0.042	50.24	44	8	19.519704
90	0.1084	0.028	50.24	46	8	12.9771218
91	0.1077	0.03	62.8	15	10	17.4930362
92	0.1065	0.034	62.8	17	10	20.0488263
93	0.1073	0.025	62.8	19	10	14.6318733
94	0.1083	0.029	62.8	21	10	16.8162512
95	0.1077	0.031	62.8	23	10	18.0761374
96	0.1083	0.036	62.8	25	10	20.8753463
97	0.1078	0.026	62.8	27	10	15.1465677
98	0.1069	0.027	62.8	29	10	15.8615529
99	0.108	0.039	62.8	31	10	22.6777778
100	0.1083	0.026	62.8	33	10	15.076639
101	0.1081	0.04	62.8	35	10	23.2377428
102	0.1081	0.028	62.8	37	10	16.26642
103	0.1077	0.037	62.8	39	10	21.5747447
104	0.108	0.043	62.8	41	10	25.0037037
105	0.1078	0.034	62.8	43	10	19.8070501
106	0.1078	0.034	75.36	18	12	23.7684601
107	0.1078	0.031	75.36	20	12	21.671243
108	0.1077	0.025	75.36	22	12	17.4930362
109	0.1076	0.03	75.36	24	12	21.0111524
110	0.1068	0.032	75.36	26	12	22.5797753
111	0.1082	0.037	75.36	28	12	25.7700555

Lanjutan tabel A.2

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
112	0.1082	0.034	75.36	30	12	23.6805915
113	0.106	0.025	75.36	32	12	17.7735849
114	0.1073	0.031	75.36	34	12	21.7722274
115	0.107	0.034	75.36	36	12	23.9461682
116	0.1081	0.033	75.36	38	12	23.0053654
117	0.1078	0.037	75.36	40	12	25.8656772
118	0.1075	0.017	87.92	21	14	13.9036279
119	0.1068	0.029	87.92	23	14	23.8734082
120	0.1075	0.01	87.92	25	14	8.17860465
121	0.1074	0.018	87.92	27	14	14.7351955
122	0.1074	0.021	87.92	29	14	17.1910615
123	0.1079	0.017	87.92	31	14	13.8520853
124	0.1075	0.021	87.92	33	14	17.1750698
125	0.106	0.031	87.92	35	14	25.7124528
126	0.1074	0.024	87.92	37	14	19.6469274
127	0.1076	0.024	100.48	24	16	22.4118959
128	0.1061	0.028	100.48	26	16	26.5168709
129	0.1075	0.025	100.48	28	16	23.3674419
130	0.1075	0.022	100.48	30	16	20.5633488
131	0.1076	0.015	100.48	32	16	14.0074349
132	0.1076	0.03	100.48	34	16	28.0148699

Tabel A. 3 Data hasil penelitian dan perhitungan pada lintasan III

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
1	0.1072	0.088	12.56	3	2	10.3104478
2	0.1076	0.092	12.56	5	2	10.7390335
3	0.1077	0.095	12.56	7	2	11.0789229
4	0.1073	0.102	12.56	9	2	11.9396086
5	0.108	0.08	12.56	11	2	9.3037037
6	0.1079	0.106	12.56	13	2	12.3388323
7	0.1079	0.124	12.56	15	2	14.4341057
8	0.108	0.114	12.56	17	2	13.2577778
9	0.1079	0.14	12.56	19	2	16.2965709
10	0.108	0.152	12.56	21	2	17.677037
11	0.1083	0.13	12.56	23	2	15.076639
12	0.1075	0.131	12.56	25	2	15.3056744
13	0.1047	0.151	12.56	27	2	18.1142311
14	0.1076	0.151	12.56	29	2	17.6260223
15	0.1082	0.17	12.56	31	2	19.7338262
16	0.1071	0.185	12.56	33	2	21.6956116

Lanjutan tabel A.3

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
17	0.1081	0.175	12.56	35	2	20.333025
18	0.1081	0.202	12.56	37	2	23.4701203
19	0.1074	0.131	12.56	39	2	15.3199255
20	0.108	0.157	12.56	41	2	18.2585185
21	0.1078	0.12	12.56	43	2	13.9814471
22	0.1078	0.09	12.56	45	2	10.4860853
23	0.1079	0.113	12.56	47	2	13.1536608
24	0.1079	0.109	12.56	49	2	12.6880445
25	0.1077	0.25	12.56	51	2	29.1550604
26	0.1074	0.077	12.56	53	2	9.00484171
27	0.1083	0.1275	12.56	55	2	14.7867036
28	0.1082	0.051	25.12	6	4	11.8402957
29	0.1073	0.05	25.12	8	4	11.7054986
30	0.108	0.082	25.12	10	4	19.0725926
31	0.1082	0.072	25.12	12	4	16.7157116
32	0.108	0.058	25.12	14	4	13.4903704
33	0.108	0.063	25.12	16	4	14.6533333
34	0.1082	0.058	25.12	18	4	13.4654344
35	0.1081	0.061	25.12	20	4	14.1750231
36	0.1082	0.069	25.12	22	4	16.0192237
37	0.1057	0.09	25.12	24	4	21.3888363
38	0.1071	0.074	25.12	26	4	17.3564893
39	0.1079	0.064	25.12	28	4	14.899722
40	0.1067	0.062	25.12	30	4	14.5964386
41	0.1081	0.067	25.12	32	4	15.5692877
42	0.1083	0.073	25.12	34	4	16.9322253
43	0.1081	0.06	25.12	36	4	13.9426457
44	0.1079	0.07	25.12	38	4	16.2965709
45	0.1082	0.062	25.12	40	4	14.394085
46	0.1074	0.074	25.12	42	4	17.3080074
47	0.1078	0.064	25.12	44	4	14.9135436
48	0.108	0.05	25.12	46	4	11.6296296
49	0.1075	0.053	25.12	48	4	12.3847442
50	0.105	0.078	25.12	50	4	18.6605714
51	0.1076	0.069	25.12	52	4	16.1085502
52	0.1079	0.043	37.68	9	6	15.016126
53	0.1055	0.048	37.68	11	6	17.1435071
54	0.1075	0.046	37.68	13	6	16.1235349
55	0.1076	0.045	37.68	15	6	15.7583643
56	0.1078	0.047	37.68	17	6	16.4282004
57	0.1072	0.046	37.68	19	6	16.1686567
58	0.1078	0.047	37.68	21	6	16.4282004

Lanjutan tabel A.3

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
59	0.108	0.05	37.68	23	6	17.4444444
60	0.1083	0.052	37.68	25	6	18.0919668
61	0.1065	0.048	37.68	27	6	16.9825352
62	0.1079	0.047	37.68	29	6	16.412975
63	0.1079	0.047	37.68	31	6	16.412975
64	0.1077	0.043	37.68	33	6	15.0440111
65	0.1072	45	37.68	35	6	15817.1642
66	0.1081	0.039	37.68	37	6	13.5940796
67	0.108	0.037	37.68	39	6	12.9088889
68	0.1074	0.046	37.68	41	6	16.1385475
69	0.1082	0.048	37.68	43	6	16.7157116
70	0.1047	0.041	37.68	45	6	14.7553009
71	0.106	0.034	37.68	47	6	12.0860377
72	0.1079	0.055	37.68	49	6	19.2066728
73	0.1079	0.035	50.24	12	8	16.2965709
74	0.1059	0.043	50.24	14	8	20.3996223
75	0.1073	0.04	50.24	16	8	18.7287978
76	0.1079	0.041	50.24	18	8	19.0902688
77	0.1078	0.031	50.24	20	8	14.4474954
78	0.1077	0.032	50.24	22	8	14.9273909
79	0.1079	0.042	50.24	24	8	19.5558851
80	0.1082	0.042	50.24	26	8	19.5016636
81	0.1075	0.045	50.24	28	8	21.0306977
82	0.1079	0.036	50.24	30	8	16.7621872
83	0.107	0.032	50.24	32	8	15.0250467
84	0.1075	0.038	50.24	34	8	17.7592558
85	0.108	0.027	50.24	36	8	12.56
86	0.1075	0.035	50.24	38	8	16.3572093
87	0.1075	0.038	50.24	40	8	17.7592558
88	0.1071	0.036	50.24	42	8	16.887395
89	0.1063	0.043	50.24	44	8	20.3228598
90	0.1084	0.033	50.24	46	8	15.2944649
91	0.1078	0.034	62.8	15	10	19.8070501
92	0.1077	0.036	62.8	17	10	20.9916435
93	0.1054	0.038	62.8	19	10	22.6413662
94	0.1077	0.026	62.8	21	10	15.1606314
95	0.1076	0.029	62.8	23	10	16.9256506
96	0.1071	0.028	62.8	25	10	16.4183007
97	0.107	0.038	62.8	27	10	22.3028037
98	0.1078	0.037	62.8	29	10	21.554731
99	0.1067	0.035	62.8	31	10	20.5998126
100	0.1075	0.029	62.8	33	10	16.9413953

Lanjutan tabel A.3

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
101	0.1046	0.024	62.8	35	10	14.4091778
102	0.1073	0.029	62.8	37	10	16.972973
103	0.1075	0.023	62.8	39	10	13.4362791
104	0.1052	0.03	62.8	41	10	17.9087452
105	0.1084	0.039	62.8	43	10	22.5940959
106	0.1063	0.025	75.36	18	12	17.7234243
107	0.1079	0.033	75.36	20	12	23.0480074
108	0.1055	0.034	75.36	22	12	24.2866351
109	0.1076	0.031	75.36	24	12	21.7115242
110	0.1074	0.033	75.36	26	12	23.1553073
111	0.1071	0.034	75.36	28	12	23.9238095
112	0.1074	0.032	75.36	30	12	22.4536313
113	0.1062	0.034	75.36	32	12	24.1265537
114	0.1056	0.023	75.36	34	12	16.4136364
115	0.1071	0.023	75.36	36	12	16.1837535
116	0.1063	0.029	75.36	38	12	20.5591722
117	0.1066	0.03	75.36	40	12	21.2082552
118	0.1068	0.032	87.92	21	14	26.3430712
119	0.1073	0.026	87.92	23	14	21.3040075
120	0.1065	0.026	87.92	25	14	21.4640376
121	0.1057	0.034	87.92	27	14	28.2807947
122	0.1058	0.032	87.92	29	14	26.5920605
123	0.1064	0.026	87.92	31	14	21.4842105
124	0.107	0.024	87.92	33	14	19.7203738
125	0.1071	0.036	87.92	35	14	29.5529412
126	0.1073	0.029	87.92	37	14	23.7621622
127	0.1064	0.02	100.48	24	16	18.887218
128	0.1054	0.025	100.48	26	16	23.8330171
129	0.1048	0.019	100.48	28	16	18.2167939
130	0.1072	0.028	100.48	30	16	26.2447761
131	0.1073	0.027	100.48	32	16	25.283877
132	0.1074	0.024	100.48	34	16	22.4536313

Tabel A. 4 Data hasil penelitian dan perhitungan pada lintasan IV

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
1	0.1061	0.108	12.56	3	2	12.7849199
2	0.1069	0.139	12.56	5	2	16.3315248
3	0.1061	0.13	12.56	7	2	15.3892554
4	0.106	0.111	12.56	9	2	13.1524528
5	0.1072	0.124	12.56	11	2	14.5283582

Lanjutan tabel A.4

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
6	0.1072	0.117	12.56	13	2	13.708209
7	0.107	0.126	12.56	15	2	14.7902804
8	0.1051	0.132	12.56	17	2	15.7746908
9	0.1066	0.133	12.56	19	2	15.6705441
10	0.1075	0.141	12.56	21	2	16.4740465
11	0.1078	0.131	12.56	23	2	15.2630798
12	0.1077	0.162	12.56	25	2	18.8924791
13	0.1076	0.163	12.56	27	2	19.0267658
14	0.1077	0.161	12.56	29	2	18.7758589
15	0.1075	0.197	12.56	31	2	23.0169302
16	0.1053	0.194	12.56	33	2	23.139981
17	0.1077	0.256	12.56	35	2	29.8547818
18	0.1058	0.298	12.56	37	2	35.3769376
19	0.1071	0.487	12.56	39	2	57.1122316
20	0.1066	0.398	12.56	41	2	46.8938086
21	0.1061	0.444	12.56	43	2	52.5602262
22	0.1072	0.26	12.56	45	2	30.4626866
23	0.1072	0.212	12.56	47	2	24.838806
24	0.1063	0.137	12.56	49	2	16.1873942
25	0.1068	0.118	12.56	51	2	13.8771536
26	0.1074	0.12	12.56	53	2	14.0335196
27	0.1072	0.135	12.56	55	2	15.8171642
28	0.1032	0.057	25.12	6	4	13.8744186
29	0.1067	0.62	25.12	8	4	145.964386
30	0.1074	0.051	25.12	10	4	11.9284916
31	0.1069	0.058	25.12	12	4	13.6291862
32	0.1071	0.065	25.12	14	4	15.2455649
33	0.1077	0.072	25.12	16	4	16.7933148
34	0.1072	0.074	25.12	18	4	17.3402985
35	0.1078	0.061	25.12	20	4	14.2144712
36	0.1073	0.056	25.12	22	4	13.1101584
37	0.1076	0.062	25.12	24	4	14.4743494
38	0.1074	0.067	25.12	26	4	15.6707635
39	0.1059	0.067	25.12	28	4	15.892729
40	0.1048	0.066	25.12	30	4	15.8198473
41	0.1067	0.072	25.12	32	4	16.9507029
42	0.1053	0.088	25.12	34	4	20.9929725
43	0.1062	0.093	25.12	36	4	21.9977401
44	0.106	0.085	25.12	38	4	20.1433962
45	0.107	0.074	25.12	40	4	17.3727103
46	0.1068	0.072	25.12	42	4	16.9348315
47	0.1073	0.075	25.12	44	4	17.5582479

Lanjutan tabel A.4

No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
48	0.1068	0.084	25.12	46	4	19.7573034
49	0.1069	0.078	25.12	48	4	18.3289055
50	0.1059	0.061	25.12	50	4	14.4694995
51	0.107	0.058	25.12	52	4	13.6164486
52	0.1076	0.042	37.68	9	6	14.7078067
53	0.1074	0.043	37.68	11	6	15.0860335
54	0.1073	0.045	37.68	13	6	15.8024231
55	0.1075	0.049	37.68	15	6	17.1750698
56	0.1078	0.044	37.68	17	6	15.3795918
57	0.1072	0.038	37.68	19	6	13.3567164
58	0.1064	0.042	37.68	21	6	14.8736842
59	0.1073	0.036	37.68	23	6	12.6419385
60	0.1077	0.04	37.68	25	6	13.994429
61	0.1057	0.048	37.68	27	6	17.1110691
62	0.1077	0.042	37.68	29	6	14.6941504
63	0.107	0.057	37.68	31	6	20.0725234
64	0.1066	0.057	37.68	33	6	20.1478424
65	0.1053	0.054	37.68	35	6	19.3230769
66	0.1068	0.05	37.68	37	6	17.6404494
67	0.1075	0.036	37.68	39	6	12.6184186
68	0.1067	0.041	37.68	41	6	14.4787254
69	0.1068	0.045	37.68	43	6	15.8764045
70	0.1071	0.049	37.68	45	6	17.2392157
71	0.1072	0.055	37.68	47	6	19.3320896
72	0.1052	0.054	37.68	49	6	19.3414449
73	0.1059	0.037	50.24	12	8	17.5531634
74	0.1073	0.037	50.24	14	8	17.3241379
75	0.107	0.043	50.24	16	8	20.1899065
76	0.1073	0.043	50.24	18	8	20.1334576
77	0.1074	0.045	50.24	20	8	21.0502793
78	0.1072	0.043	50.24	22	8	20.1522388
79	0.1061	0.029	50.24	24	8	13.731951
80	0.1073	0.04	50.24	26	8	18.7287978
81	0.1069	0.044	50.24	28	8	20.6787652
82	0.1068	0.045	50.24	30	8	21.1685393
83	0.1063	0.033	50.24	32	8	15.5966134
84	0.1074	0.034	50.24	34	8	15.9046555
85	0.1076	0.033	50.24	36	8	15.4081784
86	0.1065	0.026	50.24	38	8	12.2651643
87	0.1072	0.032	50.24	40	8	14.9970149
88	0.1073	0.039	50.24	42	8	18.2605778
89	0.1074	0.031	50.24	44	8	14.5013035

Lanjutan tabel A.4

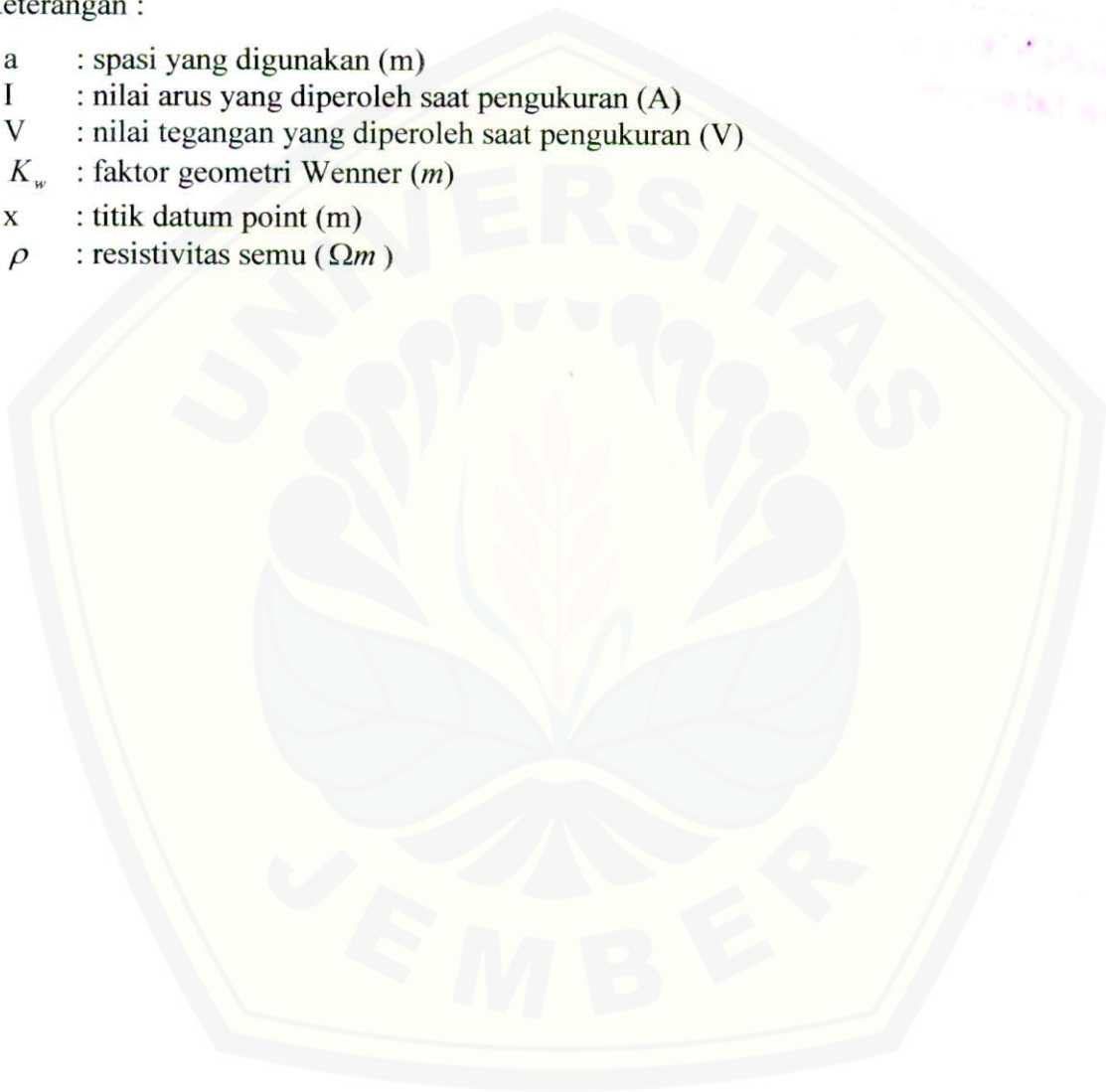
No	I (A)	V (volt)	Kw (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
90	0.1056	0.033	50.24	46	8	15.7
91	0.1063	0.037	62.8	15	10	21.8588899
92	0.1073	0.042	62.8	17	10	24.5815471
93	0.1067	0.033	62.8	19	10	19.4226804
94	0.1059	0.041	62.8	21	10	24.3135033
95	0.1072	0.035	62.8	23	10	20.5037313
96	0.1071	0.037	62.8	25	10	21.6956116
97	0.1064	0.037	62.8	27	10	21.8383459
98	0.1068	0.034	62.8	29	10	19.9925094
99	0.1068	0.037	62.8	31	10	21.7565543
100	0.1075	0.039	62.8	33	10	22.7832558
101	0.1072	0.032	62.8	35	10	18.7462687
102	0.1068	0.03	62.8	37	10	17.6404494
103	0.1072	0.025	62.8	39	10	14.6455224
104	0.1075	0.037	62.8	41	10	21.6148837
105	0.1066	0.031	62.8	43	10	18.2626642
106	0.107	0.021	75.36	18	12	14.7902804
107	0.1063	0.015	75.36	20	12	10.6340546
108	0.1065	0.019	75.36	22	12	13.444507
109	0.1063	0.026	75.36	24	12	18.4323612
110	0.1059	0.016	75.36	26	12	11.3858357
111	0.1075	0.028	75.36	28	12	19.6286512
112	0.1059	0.025	75.36	30	12	17.7903683
113	0.1073	0.028	75.36	32	12	19.6652377
114	0.1076	0.033	75.36	34	12	23.1122677
115	0.107	0.025	75.36	36	12	17.6074766
116	0.1073	0.023	75.36	38	12	16.1535881
117	0.104	0.024	75.36	40	12	17.3907692
118	0.1067	0.029	87.92	21	14	23.8957826
119	0.1051	0.021	87.92	23	14	17.5672693
120	0.1068	0.022	87.92	25	14	18.1108614
121	0.1067	0.017	87.92	27	14	14.0078725
122	0.1066	0.017	87.92	29	14	14.0210131
123	0.1064	0.022	87.92	31	14	18.1789474
124	0.1048	0.018	87.92	33	14	15.1007634
125	0.1031	0.021	87.92	35	14	17.9080504
126	0.1073	0.023	87.92	37	14	18.8458527
127	0.1072	0.02	100.48	24	16	18.7462687
128	0.1069	0.019	100.48	26	16	17.8589336
129	0.1069	0.02	100.48	28	16	18.7988775
130	0.1061	0.018	100.48	30	16	17.0465598
131	0.1071	0.025	100.48	32	16	23.4547152

Lanjutan tabel A.4

No	I (A)	V (volt)	K _w (m)	x	a (m)	ρ (Ωm)
132	0.1072	0.017	100.48	34	16	15.9343284

Keterangan :

- a : spasi yang digunakan (m)
- I : nilai arus yang diperoleh saat pengukuran (A)
- V : nilai tegangan yang diperoleh saat pengukuran (V)
- K_w : faktor geometri Wenner (m)
- x : titik datum point (m)
- ρ : resistivitas semu (Ωm)





SURAT KETERANGAN SELESAI PERBAIKAN SKRIPSI

Kami selaku Tim Penguji Tugas Akhir/Skripsi dari mahasiswa yang tersebut di bawah ini:

Nama : Fika Arika
Nomor Induk Mahasiswa : 031810201022
Jurusan : Fisika
Semester : VIII
Tanggal Ujian : 21 Juli 2007
Judul Tugas akhir : Studi Eksplorasi Situs Purbakala Di Candi Deres Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas 2D Di Dusun Deres Desa Deres Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember



Menerangkan dengan sebenarnya bahwa mahasiswa yang bersangkutan betul-betul telah melaksanakan perbaikan Tugas Akhir/Skripsi sebelum berakhirnya batas waktu yang telah diterapkan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Tim Penguji Skripsi

Jember, 20 Agustus 2007
Ketua

(Nurul Priyantari, S.Si., M.Si)
NIP 132 162 506

Jember, 20 Agustus 2007
Sekretaris

(Agus Suprianto, S.Si., M.T)
NIP 132 162 507

Jember, 20 Agustus 2007
Penguji I

(Prof. Agus Subekti, M.Sc., P.hD)
NIP 131 412 121

Jember, 20 Agustus 2007
Penguji II

(Ir. Misto, M.Si)
NIP 131 945 799