



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RF 184838

## **PEMODELAN 3D DATA *RESISTIVITY* KONFIGURASI *WENNER-ALPHA* DI DAERAH SITUS PETIRTAAN SUMBERBEJI**

MOH. IQBAL HELMI  
NRP 0341164000047

### **Dosen Pembimbing**

Juan Pandu GNR, S.Si., MT  
NIP. 19890612 201504 003  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591010 198803 1002

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020





TUGAS AKHIR - RF 184838

## **PEMODELAN 3D DATA *RESISTIVITY* KONFIGURASI *WENNER-ALPHA* DI DAERAH SITUS PETIRTAAN SUMBERBEJI**

MOH. IQBAL HELMI  
NRP 03411640000047

### **Dosen Pembimbing**

Juan Pandu GNR, S.Si., MT  
NIP. 19890612 201504 003  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591010 198803 1001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**UNDERGRADUATE THESIS - RF184838**

**3D MODELING RESISTIVITY DATA WENNER-ALPHA  
CONFIGURATION IN PETIRTAAN SUMBERBEJI SITE**

MOH. IQBAL HELMI  
NRP 0341164000047

**Advisor**

Juan Pandu GNR, S.Si., MT  
NIP. 19890612 201504 003  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591010 198803 1001

GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL, PLANNING, AND GEO ENGINEERING  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2020

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul “Pemodelan 3D Data *Resistivity* Konfigurasi *Wenner-Alpha* Di Daerah Situs Petirtaan ” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 20 Juni 2020

Moh. Iqbal Helmi

NRP. 0341164000047



*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh

Nama : Moh. Iqbal Helmi

NRP : 0341164000047

Departemen : Teknik Geofisika

Judul Tugas Akhir : *Pemodelan 3D Data Resistivity Konfigurasi Wenner-Alpha*  
Di Daerah Situs Petirtaan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 30 Juli 2020

1.   
Juan Pandu GNR, S.Si., MT.  
NIP. 19890612 201504 003  
(Pembimbing 1)
2.   
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591010 198803 1 001  
(Pembimbing 2)
3.   
Dr. Widya Utama, DEA  
NIP. 19811002 201212 2 003  
(Penguji 1)
4.   
Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.T.  
NIP. 19690906 199702 1 001  
(Penguji 2)

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

  
Dr. Dwa Desi Wamara

NIP. 19730123 200003 1 001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# PEMODELAN 3D DATA *RESISTIVITY* KONFIGURASI *WENNER-ALPHA* DI DAERAH SITUS PETIRTAAN

## SUMBERBEJI

Nama : Moh. Iqbal Helmi  
NRP : 0341164000047  
Dosen Pembimbing : Juan Pandu GNR, S.Si., MT  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S

## ABSTRAK

Penemuan situs petirtaan di daerah Sumberbeji di Dusun Sumberbeji, Desa Kesamben, Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur pada pertengahan tahun 2019 lalu menambah daftar peninggalan sejarah di Jawa Timur. Usaha yang sudah dilakukan untuk mengekskavasi situs Petirtaan Sumberbeji yaitu berupa penggalian oleh tim Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Timur pada beberapa titik sehingga didapati memiliki sumber air yang berasal dari sebuah saluran air berbentuk lorong yang sebagian salurannya masih terpendam, sehingga memerlukan pemetaan bawah permukaan tanah agar penggalian dapat dilakukan tanpa merusak situs yang masih terkubur. Untuk itu digunakan metode *resistivity* untuk membantu menduga arah dan letak lorong yang masih belum terekskavasi. Pada penelitian ini penggunaan metode *resistivity* yang memiliki kelebihan dalam mengontrol kedalaman disesuaikan dengan kebutuhan penelitian dan sifatnya yang tidak merusak. Metode *resistivity* memanfaatkan perbedaan nilai potensial dari injeksi kuat arus mampu memberikan gambaran yang baik terkait bawah permukaan melalui penampang sebaran nilai *resistivity* yang dihasilkan. Konfigurasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu konfigurasi *Wenner-Alpha* yang sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal ini dikarenakan anomali pada bawah permukaan diamati oleh elektroda C dan P berkali-kali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *resistivity* dari saluran air di situs Petirtaan Sumberbeji dari data *resistivity* dan memetakan arah kepenerusan saluran air beserta kedalaman dari saluran air di situs Petirtaan Sumberbeji. Berdasarkan tugas akhir ini, didapat nilai *resistivity* dari saluran air 5 ohm.meter – 9.65 ohm.meter dengan arah kepenerusan utara-selatan dan kedalaman dari kepenerusan saluran air yang masih terkubur di situs Petirtaan Sumberbeji berkisar antara 2-6 meter di bawah permukaan tanah.

**Kata Kunci** : Metode *Resistivity*, Petirtaan Sumberbeji, Pemodelan 3D

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# 3D MODELING RESISTIVITY DATA WENNER-ALPHA CONFIGURATION IN PETIRTAAN SUMBERBEJI SITE

Name : Moh. Iqbal Helmi  
NRP : 03411640000047  
Advisor : Juan Pandu GNR, S.Si.,MT  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S

## ABSTRACT

*The discovery of the Petirtaan site in the Sumberbeji area in the Sumberbeji Hamlet, Kesamben Village, Ngoro District, Jombang Regency, East Java Province in the mid of 2019 then added the list of historical heritages in East Java. Efforts that have been made to excavate the Sumberbeji Petirtaan site consist of excavations by the East Java Cultural Heritage Preservation Team team at several points so that they are found to have an air source generated from the airways that are connected to a submerged container, so that current repair can be done without damage. site that is still buried. For this reason, a resistivity method is used to help the direction and location of the aisle that has not yet been excavated. In this study, using a resistivity method that has advantages in relation to research needs and non-destructive nature. The resistivity method utilizing the difference in potential value from the injection of strong currents gives a good picture of subsurface related through a cross-section of the resulting resistivity value distribution. The configuration used in this study is the Wenner-Alpha configuration which is very sensitive to local and shallow lateral changes. This is due to anomalies on the lower surface being considered by C and P electrodes repeatedly. This study aims to determine the resistivity value of the airways at the Sumberbeji Petirtaan site from the resistivity data and to map the direction of the airworthiness through the air ducts at the Sumberbeji Petirtaan site. Based on this final project, the resistivity values obtained from the 5 ohm meter water channel - 9.65 ohm meters with the north-south direction direction and rise from the continuity of the airways that are still buried at the Sumberbeji Petirtaan site range from 2-6 meters below ground level.*

**Keyword:** Resistivity Method, Petirtaan Sumberbeji, 3D Modelling

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya laporan tugas akhir yang berjudul “Pemodelan 3d Data *Resistivity* Konfigurasi *Wenner-Alpha* Di Daerah Situs Petirtaan Sumberbeji” dapat terselesaikan. Pada pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini dapat terlaksanakan dengan baik dengan bimbingan, bantuan, serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Hobri, Ibu Elmi Kurnia, Putri Riskiyani Amalia, Kamilah Pascayuna Nurmalika, Shela Prenatania, serta keluarga yang memberikan dukungan moril maupun materiil selama penulis menjalani penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Juan Pandu GNR, S.Si., MT dan Bapak Dr. Ir. Amien Widodo, M.S selaku pembimbing di perguruan tinggi yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Tim Petirtaan Sumberbeji (Tiar, Joan, dan mas Hamzah) yang telah membantu dalam pengambilan data di lapangan, pengolahan data, hingga pembuatan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah memberikan ilmu dan membantu secara administratif selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
5. Seluruh teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2016 atas semangat dan dukungannya.
6. Kakak tingkat penulis (TG-04) serta adik tingkat penulis (TG-06) yang selalu menyemangati dan menghibur penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis tuliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan dan hasil tugas akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 20 Juni 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Manfaat .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Dasar Teori.....	3
2.1.1 Situs Petirnaan Sumberbeji.....	3
2.1.2 Metode <i>Resistivity</i> .....	3
2.1.3 Pemodelan 3D.....	9
2.2 Penelitian Terdahulu.....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Peralatan Penelitian.....	13
3.2 Lokasi Penelitian .....	13
3.3 Alur Penelitian.....	13
3.4 Tahapan Penelitian.....	14
3.4.1 Survei Lapangan, Desain Akuisi, dan Akuisisi Data .....	14
3.4.2 Pengolahan Data.....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>17</b>
4.1 Hasil.....	17
4.1.1 Inversi 2D .....	18
4.1.2 Pemodelan 3D.....	19
4.2 Pembahasan.....	20
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>28</b>
5.1 Kesimpulan.....	28
5.2 Saran.....	28
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>31</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>100</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Situs Petirtaan Sumberbeji.....	3
Gambar 2. 2 Aliran Arus Pada Benda Silinder (W. M. Telford, 1990).....	4
Gambar 2. 3 n Elektroda Arus dan Tegangan Metode Resistivitas (Dr. M. H. Loke, 1999).....	4
Gambar 2. 4 ar.2.4 (a) Aliran Arus Listrik Pada Homogen Isotropi; (b) Ekuipotensial dalam Pengukuran Tahanan Jenis (W. M. Telford dkk., 1990) .....	5
Gambar 2. 5 Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner .....	8
Gambar 2. 6 Penempatan penampang grid pada matriks array 3D (Wilantara et al., 2013).....	10
Gambar 2. 7 Pengisian ruang kosong di antara penampang grid menggunakan interpolasi three linear (Wilantara et al., 2013). .....	10
Gambar 3. 1 Alur Penelitian .....	14
Gambar 3. 2 Desain akuisisi metode resistivity 2D .....	15
Gambar 3. 3 Parit Galian Masyarakat	
Gambar 3. 4 Data Mentah Hasil Akuisisi Lapangan .....	16
Gambar 3. 5 Data Input Software Res2DInv .....	17
Gambar 4. 1 Lintasan akuisi situs Petirtaan Sumberbeji.....	17
Gambar 4. 2 Data input pemodelan 3D.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 3 Persebaran nilai resistivity dalam bentuk 2.5 D .....	19
Gambar 4. 4 Solid model 3D resistivity .....	20
Gambar 4. 5 Model resistivity 2D lintasan 1 .....	21
Gambar 4. 6 Model resistivity 2D lintasan 2 .....	21
Gambar 4. 7 Model resistivity 2D lintasan 3 .....	21
Gambar 4. 8 Model resistivity 2D lintasan 4 .....	22
Gambar 4. 9 Model resistivity 2D lintasan 5 .....	22
Gambar 4. 10 Model resistivity 2D lintasan 6.....	22
Gambar 4. 11 Lokasi saluran air Petirtaan Sumberbeji (kiri), Penggalan menghasilkan rembesan air (kanan).....	24
Gambar 4. 12 Peta Geologi Regional Lembar Kediri (Santosa dan Atmawinata, 1992, dimodifikasi).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 4. 13 Gambar 4.13 Pendugaan adanya saluran air .....	25
Gambar 4. 14 Model cross-section resistivity .....	26
Gambar 4. 15 Gambar 4.15 Model cross-section resistivity barat-timur (kiri) dan Model cross-section resistivity utara-selatan (kanan).....	26



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Resistivitas Batuan (Pryambodo and Troa, 2016) .....	9
Tabel 3. 1 Peralatan yang digunakan saat a kuisisi data di lapangan.....	13
Tabel 3. 2 Peralatan yang digunakan untuk pengolahan data .....	13
Tabel 3. 3 Koordinat desain akuisisi data.....	16
Tabel 4. 1 Koordinat lintasan akuisisi .....	17
Tabel 4. 2 Tabel 4.2 Hasil Inversi pada software res2Dinv .....	18

# BAB I PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Penemuan situs petirtaan di daerah Sumberbeji di Dusun Sumberbeji, Desa Kesamben, Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur pada pertengahan tahun 2019 lalu menambah daftar peninggalan sejarah di Jawa Timur. Usaha yang sudah dilakukan untuk mengekskavasi situs Petirtaan Sumberbeji yaitu berupa penggalian oleh tim Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Timur pada beberapa titik sehingga didapati memiliki sumber air yang berasal dari sebuah saluran air berbentuk lorong yang sebagian salurannya masih terpendam, sehingga memerlukan pemetaan bawah permukaan tanah agar penggalian dapat dilakukan tanpa merusak situs yang masih terkubur. Untuk itu digunakan metode *resistivity* untuk membantu menduga arah dan letak lorong yang masih belum terekskavasi. Metode *resistivity* merupakan metode yang banyak sekali digunakan dan hasilnya cukup baik (Bisri, 1991).

Metode *resistivity* memanfaatkan perbedaan nilai potensial dari injeksi kuat arus mampu memberikan gambaran yang baik terkait bawah permukaan melalui penampang sebaran nilai *resistivity* yang dihasilkan (Lida Maulida, 2013). Adapun pengukuran dengan metode tersebut merupakan metode aktif yang memiliki kelebihan dalam mengontrol kedalaman sesuai dengan kebutuhan dan tidak bersifat merusak. Pengukuran dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi *Wenner-Alpha* karena memiliki resolusi yang baik secara vertical maupun horizontal. Konfigurasi *Wenner-Alpha* sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal ini dikarenakan anomali pada bawah permukaan diamati oleh elektroda C dan P berkali-kali karena konfigurasi *Wenner-Alpha* tersusun C-P-P-C (Loke, 2004). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa konfigurasi *Wenner-Alpha* memiliki kemampuan untuk memetakan kondisi bawah permukaan khususnya mengidentifikasi adanya air di bawah permukaan (Nugraha et al., 2016).

## Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, pada penelitian ini terdapat beberapa permasalahan yang menjadi fokus pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Berapa nilai *resistivity* dari saluran air di Petirtaan Sumberbeji?
2. Bagaimana arah kepenerusan saluran air dan berapa kedalaman saluran air yang masih terkubur di situs Petirtaan Sumberbeji berdasarkan dari data *resistivity*?

## Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini meliputi beberapa hal berikut:

1. Penelitian dilakukan di Situs Petirtaan Sumberbeji ke arah barat laut-barat daya sejauh 50 meter.
2. Pemodelan data 3D menunjukkan sebaran nilai *resistivity* pada luasan yang dibentuk dari lintasan akuisisi.
3. Penelitian dilakukan pada tanggal 10-11 Desember 2019.
4. Pemodelan 3D menggunakan metode *Inverse Distance*.

## **Tujuan**

Pada penelitian ini terdapat beberapa tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai *resistivity* dari saluran air di situs Petirtaan Sumberbeji dari data *resistivity*.
2. Memetakan arah kepenerusan saluran air dan menentukan kedalaman saluran air yang masih terkubur di situs Petirtaan Sumberbeji dari data *resistivity*.

## **Manfaat**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah pemetaan nilai *resistivity* pada situs Petirtaan Sumberbeji serta memberikan informasi pendugaan kepenerusan arah saluran air di Situs Petirtaan Sumberbeji. Manfaat lain dari penelitian ini yaitu dapat menjadi acuan penelitian selanjutnya pada daerah terkait dan menjadi bahan pertimbangan untuk Badan Pelestarian Cagar dan Budaya dan pemerintah kota Jombang apabila akan melakukan kegiatan ekskavasi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dasar Teori

#### 2.1.1 Situs Petirtaan Sumberbeji

Situs Petirtaan Sumberbeji berada pada Dusun Sumberbeji, Desa Kesamben, Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Situs Petirtaan Sumberbeji merupakan struktur berbentuk persegi dengan dinding pembatas area petirtaan memiliki panjang 19,7 meter dan lebar 17,1 meter dengan kedalaman 2 meter dan memiliki saluran air masuk sepanjang 15,39 meter di sisi barat, dan saluran air buang di sisi utara yang kemudian berbelok ke arah timur. Batuan penyusun pada Situs Petirtaan Sumberbeji diperkirakan merupakan batu bata. Situs ini diperkirakan sudah terekskavasi lebih dari 50% dan akan terus dilakukan penggalian hingga sepenuhnya terekskavasi.



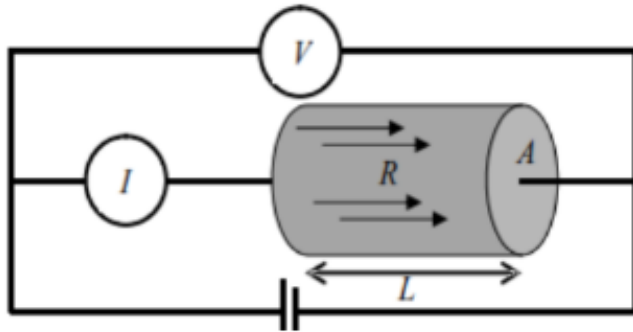
Gambar 2. 1 Situs Petirtaan Sumberbeji

#### 2.1.2 Metode Resistivity

##### 2.1.2.1 Prinsip Dasar

Tujuan dari survei metode *resistivity* yaitu untuk menentukan distribusi *resistivity* bawah permukaan dengan melakukan pengukuran pada permukaan tanah. Dari pengukuran ini, nilai *true resistivity* dari bawah permukaan dapat diperkirakan. Resistivitas tanah terkait dengan berbagai parameter geologi seperti kandungan mineral dan cairan, porositas, dan tingkat kejenuhan air dalam setiap batuan yang berbeda. Lapisan batuan ini diasumsikan per lapisan secara horizontal. Jenis lapisan batuan yang berbeda-beda ini juga memiliki hambatan jenis/ tahanan jenis yang

berbeda pula. Tahanan jenis  $\rho$  dari bahan adalah pengukuran seberapa baik bahan menghambat aliran arus listrik (W. M. Telford, 1990).

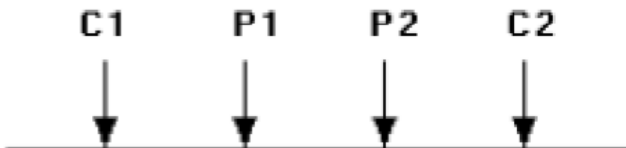


Gambar 2. 2 Aliran Arus Pada Benda Silinder (W. M. Telford, 1990)

Penerapan secara sederhana tampak pada gambar 2.2 yaitu terhadap benda silinder yang memiliki hambatan jenis ( $\rho$ ), arus listrik ( $I$ ), maka akan berbanding lurus dengan luas penampang ( $A$ ) dan beda potensial antara ujung-ujungnya ( $\Delta V$ ), namun berbanding terbalik dengan panjangnya ( $L$ ). Sehingga bila ditarik persamaan tahanan jenis adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{VA}{IL} \tag{2.1}$$

Pengukuran metode resistivitas dilakukan dengan menginjeksikan arus ke tanah melalui dua elektroda arus (C1 dan C2), dan mengukur perbedaan tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial (P1 dan P2). Menurut Loke (1999), konsep dasar metode *resistivity* secara umum sesuai dengan gambar 2.3.



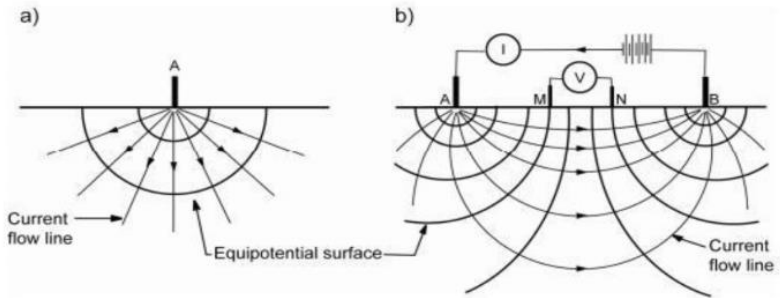
Gambar 2. 3 n Elektroda Arus dan Tegangan Metode Resistivitas (Dr. M. H. Loke, 1999)

### 2.1.2.2 Titik Arus Permukaan

Datum yang terukur sifat kelistrikan pada pengukuran metode *resistivity* disebut ekuipotensial. Titik arus permukaan terukur disebabkan ada



respon beda potensial karena adanya penginjekan arus. Ekuipotensial dapat muncul dengan satu atau dua titik arus permukaan. Penggunaan jumlah elektroda ini berdasarkan keperluan pendugaan kondisi bawah permukaan berdasarkan resistivitas. Bumi diasumsikan sebagai medium yang homogen isotropis. Misalkan elektroda arus mengalirkan arus pada medium isotropis, maka akan terbentuk bidang ekuipotensial berbentuk setengah bola =  $2\pi r^2$  sedangkan garis aliran arus medan listriknya pada arah radial. (W. M. Telford, 1990).



Gambar 2. 4 (a) Aliran Arus Listrik Pada Homogen Isotropi; (b) Ekuipotensial dalam Pengukuran Tahanan Jenis (W. M. Telford dkk., 1990)

Gambar 2.4 merupakan gambaran suatu sumber listrik yang diinjeksikan ke dalam bumi yang homogen isotropis yang tegak lurus terhadap bidang ekuipotensial. Arus yang mengalir ke dalam bumi akan mengalir ke segala arah dan akan menyebabkan adanya perbedaan potensial disekitarnya. Arus yang mengalir memiliki nilai yang sama ke segala arah sehingga beda potensial yang disebabkan pun memiliki nilai yang sama. Daerah dengan beda potensial yang sama di segala titik tersebut kemudian disebut dengan daerah ekuipotensial (W. M. Telford, 1990).

Secara matematis, nilai potensial  $V$  yang terukur akibat satu sumber arus tunggal memenuhi persamaan Laplace untuk asumsi bumi sebagai bola sebagai berikut:

$$\nabla V = \frac{1}{r^2} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right\} \quad (2.2)$$

Namun pada penerapan metode *resistivity*, nilai potensial tersebut hanya ditinjau dari fungsi jarak atau jari-jari saja, sehingga persamaan 2.2 menjadi berikut:

$$\nabla V = \frac{1}{r^2} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) \right\} \quad (2.3)$$

Simbol  $\partial$  berubah menjadi  $d$  karena persamaan menjadi parsial berdasarkan salah satu fungsi dari persamaan 2.2. Pada persamaan 2.2 terdapat fungsi jarak, fungsi

azimuth dan fungsi sudut yang memberi gambaran utuh tentang nilai beda potensial pada bumi. Apabila  $\nabla^2 V = 0$ , maka integral dari persamaan 2.3 akan menjadi:

$$\int 0 = \int \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) \quad (2.4)$$

Dari hasil integral didapatkan hasil:

$$\frac{A}{r^2} = \frac{dV}{dr} A = - \frac{I\rho}{4\pi} \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 diatas diintegrasikan kembali menjadi:

$$V = - \frac{A}{r} \quad (2.6)$$

Beda potensial yang dihasilkan saat arus listrik menjalar pada bumi, juga dipengaruhi dengan rapat arus J. Rapat arus pada luas permukaan bola  $4\pi r^2$  dan arus I secara matematis ditulis sebagai berikut:

$$J = \frac{I}{4\pi r^2} \quad (2.7)$$

Menurut fungsi yang lain, rapat arus juga dipengaruhi oleh nilai tahanan jenis  $\rho$  dan jari – jari permukaan atau jarak r yang dalam matematis ditulis sebagai berikut:

$$J = - \frac{1}{\rho} \frac{A}{r^2} \quad (2.8)$$

Substitusi persamaan 2.7 dan 2.8 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = - \frac{I\rho}{4\pi} \quad (2.9)$$

Dengan menggunakan menggunakan persamaan 2.9, maka persamaan 2.6 dapat ditulis:

$$V = \left( \frac{I\rho}{4\pi} \right) \frac{1}{r} \quad (2.10)$$

(W. M. Telford,  
1990)

### 2.1.2.3 Resistivitas Semu

Bumi diasumsikan sebagai bola padat yang bersifat homogen, dengan asumsi ini maka seharusnya resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya. Akan tetapi pada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan - lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan demikian harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, tetapi beberapa lapisan, sehingga nilai resistivitas yang terukur ditunjukkan dalam persamaan.

Arus listrik yang dapat menembus permukaan bola yang mempunyai luas A, tebal  $dr$ , dan beda potensial  $dV$  antara dua titik dalam bola bagian luar dan dalam :

$$I = - \frac{A dV}{\rho dr} \quad (2.11)$$

Luas permukaan dari setengah bola  $=2\pi r^2$ , maka persamaan 2.11 menjadi:

$$I = - \frac{2\pi r^2 dV}{\rho dr} \quad (2.12)$$

Nilai potensial V di titik P1 adalah:

$$V_{p1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] \quad (2.13)$$

Nilai potensial V di titik P2 adalah:

$$V_{p2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right] \quad (2.14)$$

Untuk mendapatkan beda potensial dari P1 dan P2 dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} \quad (2.15)$$

Sehingga:

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2.16)$$

Dengan demikian dapat dihitung faktor resistivitas semu:

$$\rho_a = K \frac{\nabla V}{I} \quad (2.17)$$

Dan Persamaan factor geometri adalah:

$$K = 2\pi \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right]^{-1} \quad (2.18)$$

Dengan  $\rho_a$  adalah resistivitas semu yang bergantung pada spasi elektroda  $\nabla V$  (beda potensial) dan  $I$  (arus). Nilai resistivitas semu tergantung pada geometri dari susunan elektroda yang digunakan, yang didefinisikan dengan faktor geometri (K) (Reynold, 1997; W. Telford, 1990).

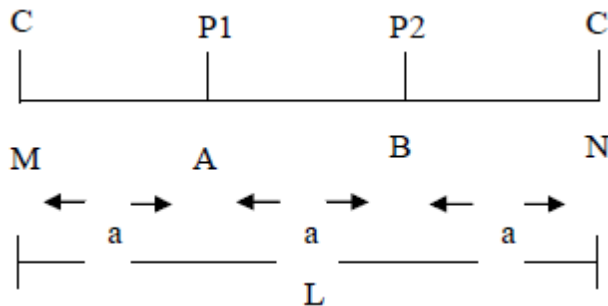
#### 2.1.2.4 Konfigurasi Wenner-Alpha

Konfigurasi Wenner diambil dari nama Frank Wenner yang mempelopori penggunaannya di Amerika Serikat. Pada susunan elektroda *Wenner-Alpha* posisi elektroda arus AB dan elektroda potensial MN yang simetri terhadap titik pusat pada

kedua sisinya. Jarak antara keempat elektroda sama, yaitu  $a$  dengan potensial P1 dan P2 berada di tengah-tengah antara C1 dan C2 (Telford et al.,1990).

Menurut Haryanto sebagaimana dikutip oleh Putro (2016:22) beranggapan bahwa pengukuran *resistivity* dapat dilakukan dengan tujuan berbeda yaitu pengukuran untuk mapping dan sounding. Tujuan mapping adalah untuk mengetahui informasi variasi resistivitas secara lateral sehingga teknik mapping dilakukan dengan menggunakan konfigurasi elektroda tertentu dengan jarak antar elektroda tetap, seluruh susunan elektroda dipindah mengikuti lintasan. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Dipole. Sedangkan tujuan sounding adalah untuk memperkirakan variasi resistivitas sebagai fungsi dari kedalaman pada suatu titik pengukuran. Mengingat jarak antar elektroda menentukan kedalaman titik pengukuran, maka pengukuran dilakukan dengan jarak antar elektroda bervariasi. Konfigurasi elektroda yang biasa digunakan adalah Wenner dan Schlumberger. Sehingga keuntungan dari konfigurasi wenner yaitu selain dapat digunakan untuk pengukuran mapping juga dapat melakukan pengukuran sounding (Putro ,2016).

Target kedalaman yang dapat dicapai dalam metode *resistivity* konfigurasi *Wenner-Alpha* yaitu  $a/2$  dimana  $a$  adalah jarak spasi antar elektroda. Pada konfigurasi ini jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama (gambar 2.5). Sehingga hasil yang diharapkan dapat diatur melalui jarak spasi antar elektroda. Konfigurasi *Wenner-Alpha* sangat sensitif terhadap perubahan lateral setempat dan dangkal. Hal ini dikarenakan anomali pada bawah permukaan diamati oleh elektroda C dan P berkali-kali (Loke, 2004).



Gambar 2. 5 Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner

#### 2.1.2.5 Sifat Kelistrikan Batuan

Sifat listrik batuan adalah karakteristik dari batuan jika dialirkan arus listrik ke dalamnya. Arus listrik timbul secara alami akibat terjadinya ketidaksetimbangan elektron maupun adanya arus listrik yang sengaja dialirkan ke dalamnya. Aliran (konduksi) arus listrik di dalam batuan dan mineral berdasarkan Arif dan Hendrajaya

dalam penelitian Karisma (Karisma, 2013) digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik.

Salah satu sifat atau karakteristik kelistrikan batuan tersebut adalah tahanan jenis (resistivitas), yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Tahanan jenis memiliki pengertian yang berbeda dengan resistansi (hambatan). Resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut. Dengan kata lain, bahwa tahanan jenis merupakan resistansi yang dinormalisasi terhadap geometri.

Adapun beberapa acuan nilai resistivitas batuan dan material yang seperti pada tabel berikut:

*Tabel 2. 1 Tabel Resistivitas Batuan (Hapsari, 2013)*

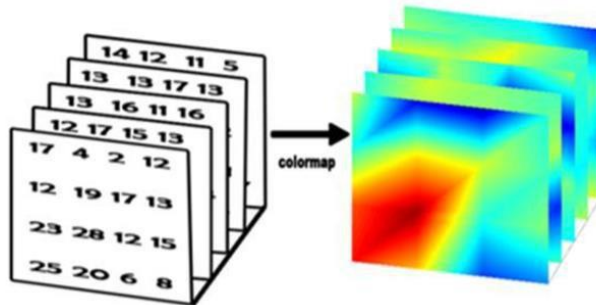
Lapisan Batuan	Resistivity (Ohm-meter)
Lempung	1 – 10
Lempung pasiran	11 – 19
Pasir Lempungan	20 – 30
Pasir	31 – 90
Pasir Kerakalan	91 – 135

### 2.1.3 Pemodelan 3D

Pemodelan struktur bawah permukaan ini dilakukan dengan menggunakan algoritma interpolasi three linear, yang merupakan cara sederhana untuk menghitung interpolasi antar titik-titik penghubung dalam koordinat tiga dimensi. Hasil interpolasi menunjukkan adanya anomali konduktif yang merupakan objek pengukuran dan lokasinya (Susanto, 2012). Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Inverse Distance*. Asumsi dari metode *Inverse Distance* adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh dan semua hasil dengan metode *inverse distance* memberikan nilai mendekati nilai minimum dan maksimum. (Pramono, 2008)

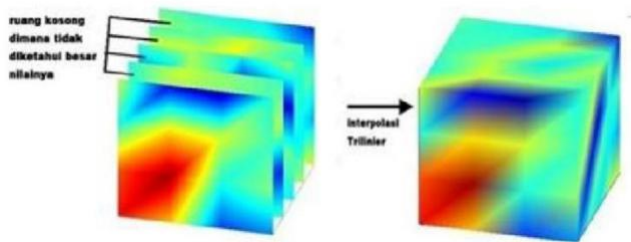
Data pengukuran serial sectioning secara 2D selanjutnya diolah untuk menghasilkan pemodelan 3D. Secara umum langkah-langkah untuk memperoleh pemodelan 3D adalah sebagai berikut:

1. Melakukan proses gridding data *resistivity* 2D.
2. Melakukan penempatan penampang grid pada matriks array 3D.



Gambar 2. 6 Penempatan penampang grid pada matriks array 3D (Wilantara et al., 2013).

3. Melakukan interpolasi mengisi nilai-nilai kosong diantara penampang grid yang berbeda.



Gambar 2. 7 Pengisian ruang kosong di antara penampang grid menggunakan interpolasi three linear (Wilantara et al., 2013).

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Pemodelan mengenai pemodelan 3D dengan menggunakan metode *resistivity* konfigurasi *Wenner-Alpha* telah dilakukan oleh (Nugraha et al., 2016). Target dari penelitian yang dilakukan oleh Nugraha adalah untuk menganalisis aliran rembesan (*Seepage*) di bendung alam Wae Ela. Dalam penelitiannya terdapat 6 lintasan sepanjang 96 meter, jumlah elektroda 16, dan konfigurasi *Wenner-Alpha*. Penampang *resistivity* yang diklasifikasikan menjadi 3 golongan zona *resistivity* yaitu, *highresistivity*, *midresistivity*, dan *low resistivity*. Dari keenam lintasan zona dengan resistivitas yang rendah (*low resistivity zone*) memiliki nilai yang berkisar antara 5  $\Omega m$  – 40  $\Omega m$  yang ditandai dengan warna biru tua hingga biru muda. Zona ini diduga merupakan zona jenuh air (*saturation zone*). Zona ini umumnya berada dibagian kanan bawah penampang setiap lintasan zona ini diduga merupakan zona terdapat aliran air rembesan. Pada zona ini diduga terdiri dari sedimen yang tidak

terkonsolidasi yang memiliki porositas serta permeabilitas yang tinggi, sehingga mudah untuk menyimpan serta meloloskan air. Zona resistivitas menengah memiliki nilai yang berkisar antara  $40 \Omega m - 105 \Omega m$  yang ditandai oleh warna hijau muda hingga coklat tua, zona ini diduga terdiri dari batuan konglomerat. Zona yang memiliki resistivitas tinggi memiliki nilai  $105 \Omega m - 230 \Omega m$  yang ditandai dengan warna coklat hingga ungu tua. Zona ini diduga terdiri dari batuan breksi.

Berdasarkan penelitian mengenai “Analisis Aliran Rembesan (Seepage) Menggunakan Pemodelan 3D Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner” terdapat persamaan dengan penelitian tugas akhir ini, yaitu metode yang digunakan adalah metode *resistivity* untuk pemodelan 3D. Dengan samanya metode yang digunakan ini, pada penelitian ini dilakukan peningkatan guna memberikan manfaat kepada pembaca. Sedangkan perbedaan dari penelitian oleh Nugraha adalah lokasi penelitian, dimana targetnya adalah rembesan bendung alam, sedangkan pada penelitian Tugas Akhir ini menargetkan kondisi bawah permukaan di sekitar lokasi penelitian berupa saluran air.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Peralatan Penelitian

Pada penelitian kali ini terdapat beberapa peralatan yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Peralatan yang digunakan saat akuisisi data di lapangan

No.	Uraian	Jumlah
1	<i>Resistivitymeter</i> MAE X612-EM	1 set
2	Elektroda	48 buah
3	Kabel roll multichannel	2 buah
4	Meteran	2 buah
5	Palu Elektroda	3 buah
6	Aki	1 buah
7	Multimeter	1 buah
8	Toolkit	1 buah
9	<i>GPS</i>	1 buah

Tabel 3. 2 Peralatan yang digunakan untuk pengolahan data

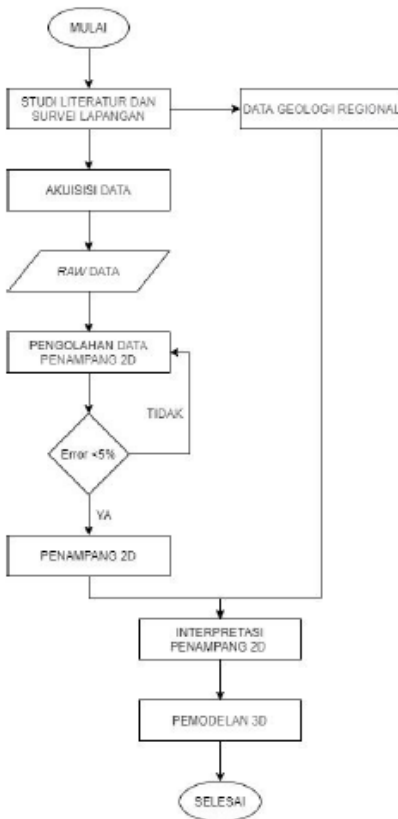
No.	Uraian
1	Laptop
2	<i>Software Microsoft Excel</i>
3	<i>Software Notepad</i>
4	<i>Software Res2Dinv</i>
5	<i>Software Pemodelan 3D</i>

### 3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Ngoro, Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur lebih detailnya pada situs peninggalan Petirtaan Sumberbeji.

### 3.3 Alur Penelitian

Penelitian diawali dengan akuisisi data dan dilanjutkan dengan tahapan pengolahan data, dan interpretasi data. Pada akuisisi data dilakukan pengumpulan *raw data* metode *resistivity* yang dilanjutkan dengan pengolahan data untuk mendapatkan sebaran nilai *resistivity* pada daerah penelitian.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

### 3.4 Tahapan Penelitian

#### 3.4.1 Survei Lapangan, Desain Akuisi, dan Akuisisi Data

Survei lapangan bertujuan untuk meninjau langsung kondisi daerah pengukuran sehingga dapat memberikan informasi mengenai keadaan terbaru di lapangan yang nantinya digunakan untuk pertimbangan penentuan objek penelitian dan desain akuisisi. Pada kegiatan ini alat yang digunakan adalah GPS sebagai penanda koordinat. Desain akuisisi yang digunakan dibuat menggunakan *Google Earth* seperti yang terlihat pada gambar 3.3. Desain Akuisisi terdiri dari 6 lintasan yang dikelompokkan menjadi 2 jenis berdasarkan orientasi mata angin. Lintasan 1, 2, dan 3 berorientasi lintasan Selatan-Utara sepanjang 48 meter. Lintasan 4, 5, dan 6 berorientasi lintasan Barat-Timur sepanjang 48 meter. Konfigurasi yang digunakan pada masing-masing lintasan adalah *Wenner-Alpha* dengan nilai elemen  $a$  sebesar 1

meter dan nilai  $n$  sebesar 15. Desain lintasan menyesuaikan dengan daerah situs Petirtaan Sumberbeji yang didapati banyak warung dan bangunan penduduk sekitar. Pemilihan lintasan hanya berada pada di sebelah timur petirtaan dikarenakan pada sebelah barat petirtaan terdapat parit galian masyarakat sedalam 2-3 meter yang mengindikasikan tidak terdapat bangunan atau peninggalan sejarah yang berarah ke arah barat seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Desain akuisisi metode resistivity 2D



Gambar 3. 3 Parit galian masyarakat

Tabel 3. 3 Koordinat desain akuisisi data

Lintasan	Nomor Elektroda	Longitude	Latitude	Panjang Lintasan
1	1	112.256069°	-7.666136°	48 meter
	48	112.256158°	-7.665671°	
2	1	112.255974°	-7.666107°	48 meter
	48	112.256052°	-7.665668°	
3	1	112.255828°	-7.665734°	48 meter
	48	112.255755°	-7.666153°	
4	1	112.255888°	-7.665640°	48 meter
	48	112.256310°	-7.665737°	
5	1	112.256143°	-7.665845°	48 meter
	48	112.255718°	-7.665761°	
6	1	112.255709°	-7.665830°	48 meter
	48	112.256130°	-7.665916°	

### 3.4.2 Pengolahan Data

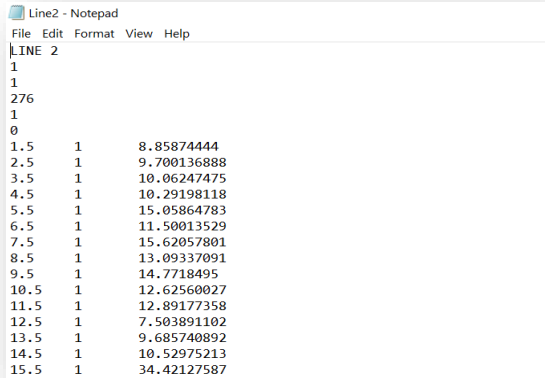
#### 3.4.2.1 Pemodelan 2D

Data yang didapat dari proses pengumpulan data di lapangan didapatkan beberapa variabel data meliputi nilai perbedaan potensial antara 2 elektroda MN (mV), nilai kuat arus yang diinjeksikan ke dalam permukaan tanah melalui elektroda AB (mA), nilai spontaneous potential (sp), dan nilai resistivity semu  $\rho_a$  ( $\Omega m$ ).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2	Localite	Sumberdaya Line 2									
3	alamat										
4	spalte										
5	koordinat	Wewenang alpha									
6	informasi	1									
7	data										
8											
9		A	B	M	N	I (mA)	V (mV)	rho (ohm m)	f (SP%)	sp	W (ohm)
10	1	1	4	3	3	633.99	899.31	-9.34	0.88	0.81	4.1
11	2	2	5	4	4	872.08	1038.1	-408.31	9.7	0.83	25.2
12	3	3	6	4	5	488.07	798.08	-23.05	10.07	0.81	9.2
13	4	4	7	5	6	535.54	877.67	-176.74	10.3	0.84	28.1
14	5	5	8	6	7	617.08	1479.58	-45.48	10.07	0.81	9.2
15	6	6	9	7	8	609.06	1119.33	-252.83	11.81	0.83	26
16	7	7	10	8	9	484.88	1130.9	-183.04	10.83	0.84	29.3
17	8	8	11	9	10	493.22	1028.33	-183.74	13.1	0.81	9.7
18	9	9	12	10	11	509.22	1197.79	-214.33	14.78	0.84	29.8
19	10	10	13	11	12	538.01	1081.84	-182.88	12.83	0.83	20.1
20	11	11	14	12	13	0	7.88	-40.33	0	0.82	9.4
21	12	12	15	13	14	491.8	539.85	183.94	7.51	0.87	7.2
22	13	13	16	14	15	536.92	828.1	-608.84	9.89	0.83	28.1
23	14	14	17	15	16	0	7.87	-103.39	0	0.85	7.8
24	15	15	18	16	17	223.22	1223.49	205.9	34.44	0.84	1.8
25	16	16	19	17	18	239.8	200.76	402.31	6.7	0.88	126.3

Gambar 3. 4 Data Mentah Hasil Akuisisi Lapangan

Data mentah hasil pengukuran kemudian diubah agar dapat menjadi input pengolahan data pada *Software Res2Dinv* dengan susunan variabel meliputi titik tengah data pengukuran, nilai n, dan resistivity semu yang disatukan dalam format data berekstensi .dat.



```
Line2 - Notepad
File Edit Format View Help
LINE 2
1
1
276
1
0
1.5 1 8.85874444
2.5 1 9.700136888
3.5 1 10.06247475
4.5 1 10.29198118
5.5 1 15.05864783
6.5 1 11.50013529
7.5 1 15.62057801
8.5 1 13.09337091
9.5 1 14.7718495
10.5 1 12.62560027
11.5 1 12.89177358
12.5 1 7.503891102
13.5 1 9.685740892
14.5 1 10.52975213
15.5 1 34.42127587
```

Gambar 3. 5 Data Input Software Res2DInv

Dilakukan proses pengolahan data berformat .dat yang telah disusun mendapatkan model *resistivity* bawah permukaan sebenarnya. Pengolahan data tersebut menggunakan *software Res2dinv* dengan *quality control* melalui penghapusan datum data yang dianggap sebagai *outliers* serta penentuan jumlah iterasi yang tepat yang diindikasikan dari persentase nilai error yang terkecil sehingga didapatkan model yang representatif.

### 3.4.2.2 Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dimodelkan dengan menggabungkan hasil penampang 2D tiap-tiap lintasan ke dalam sebuah *cube* yang kemudian diinterpolasi. Data masukan yang diperlukan untuk membuat pemodelan 3D ini terdiri dari:

- a. Data koordinat titik datum, elevasi, dan nilai *resistivity*. Data ini didapat dari output hasil inversi program *Res2Dinv* yang disimpan dalam *format.xyz*.
- b. Data koordinat dari semua *lintasan*
- c. *Boundary* sebagai batas minimum dan maksimum dari koordinat dan elevasi dari semua titik pengukuran.
- d. Gambar berupa peta lokasi pengukuran.

Metode yang digunakan dalam pemodelan 3D yaitu metode *inverse distance* dengan *power 2*. *Power* digunakan sebagai penentuan penting nya nilai suatu sampel pada perhitungan interpolasi. *Power* yang lebih tinggi akan menjadikan

kurangnya pengaruh dari sampel data sekitarnya dan hasil interpolasi menjadi semakin kecil.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Akuisi data *resistivity* telah dilakukan dengan panjang lintasan 47 meter dan menggunakan 48 elektroda dengan spasi 1 meter. Total lintasan yang digunakan berjumlah 6 dengan orientasi utara-selatan pada lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3. Sementara lintasan 4, lintasan 5, dan lintasan 6 berorientasi barat-timur dengan koordinat masing-masing lintasan dapat dilihat pada tabel 4.1. Data yang didapat disusun pada *software* Microsoft Excel dan disalin pada notepad. Hasil data yang disalin pada notepad disimpan dalam format (.dat). Format (.dat) tersebut menjadi *input* data untuk melakukan pengolahan pada model penampang 2D. Berikutnya langkah yang diambil yaitu pengolahan data untuk masing-masing lintasan menggunakan *software* *Res2Dinv*. Data hasil inversi menggunakan *software* *Res2Dinv* mendapatkan tampilan kontur *resistivity* 2D dari struktur lapisan tanah bawah permukaan di lokasi penelitian yang nantinya akan menjadi acuan untuk membuat pemodelan 3D.



Gambar 4. 1 Lintasan akuisi situs Petirtaan Sumberbeji

Tabel 4. 1 Koordinat lintasan akuisisi

Lintasan	Awal pengukuran		Akhir pengukuran		Panjang lintasan	Orientasi
	Easting	Northing	Easting	Northing		

1	638536 .78	9152405. 22	638550.27 83	915245 0.1164	47 meter	Selatan- Utara
2	638514 .67	9152405. 7	638526.81 30	915245 0.9233	47 meter	Selatan- Utara
3	638508 .45	9152458. 16	638499.25 95	915241 2.0525	47 meter	Selatan- Utara
4	638516 .08	9152461. 11	638562.54 31	915245 4.5179	47 meter	Barat- Timur
5	638550 .63	9152436. 25	638505.26 11	915244 8.4165	47 meter	Barat- Timur
6	638498 .61	9152432. 53	638544.82 62	915242 7.2986	47 meter	Barat- Timur

#### 4.1.1 Inversi 2D

Pada pengolahan inversi 2D pada *software res2Dinv* didapatkan hasil lintasan 1 seperti yang ditampilkan dalam gambar 4.2 dan lintasan lainnya diringkas kedalam tabel 4.2.

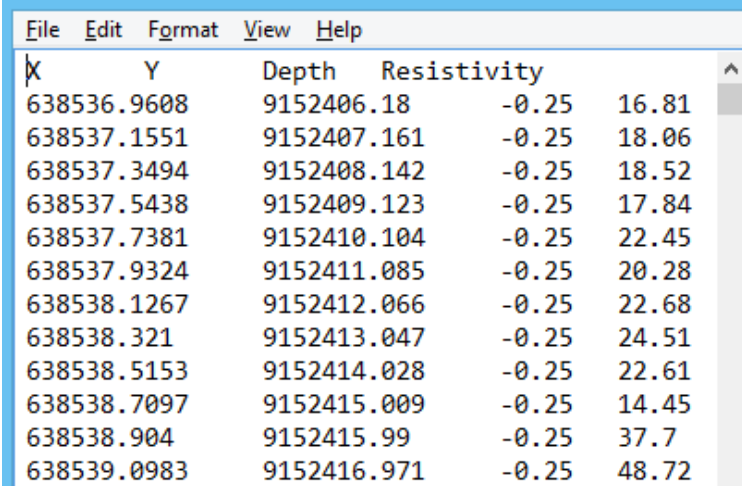
*Tabel 4. 2 Hasil Inversi pada software res2Dinv*

<b>Lintasan</b>	<b><i>Depth of investigation</i></b>	<b>Iterasi</b>	<b><i>RMS error</i></b> (%)	<b>Rentang nilai resistivity</b> ( $\Omega\text{m}$ )
1	4.30	5	3.3	6.07 – 48.2
2	4.30	5	5	2.57 – 55.8
3	7.38	8	5	4.47 – 78.9
4	7.38	8	4.7	6.22 – 34.3
5	7.38	12	4.9	4.16 – 99.5
6	4.30	5	2.7	5.02 – 54.3



### 4.1.2 Pemodelan 3D

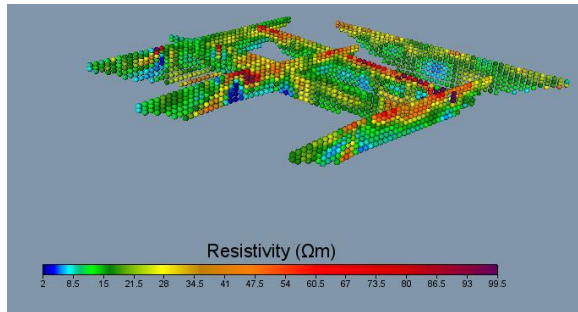
Data *resistivity* yang telah diinversi untuk mendapatkan penampang 2D disusun untuk melakukan pemodelan 3D. Data *input* yang dibutuhkan untuk pemodelan 3D disimpan dalam bentuk *notepad* berformat *.xyz* berisikan data koordinat, data kedalaman, dan data *resistivity* yang didapat dari inversi 2D.



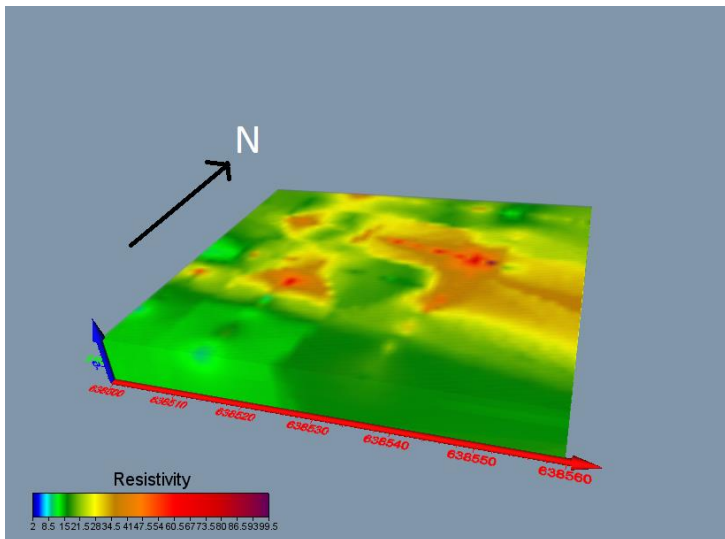
X	Y	Depth	Resistivity
638536.9608	9152406.18	-0.25	16.81
638537.1551	9152407.161	-0.25	18.06
638537.3494	9152408.142	-0.25	18.52
638537.5438	9152409.123	-0.25	17.84
638537.7381	9152410.104	-0.25	22.45
638537.9324	9152411.085	-0.25	20.28
638538.1267	9152412.066	-0.25	22.68
638538.321	9152413.047	-0.25	24.51
638538.5153	9152414.028	-0.25	22.61
638538.7097	9152415.009	-0.25	14.45
638538.904	9152415.99	-0.25	37.7
638539.0983	9152416.971	-0.25	48.72

Gambar 4. 2 Data input pemodelan 3D

Setelah data tersusun (gambar 4.2), akan didapatkan persebaran nilai *resistivity* sesuai dengan parameter-parameter yang terdapat pada *notepad* dan digambarkan dalam gambar 4.3. Setelah data sebaran nilai *resistivity* didapat, data di *gridding* yang akan menghasilkan *solid* model seluruh lintasan seperti pada gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Persebaran nilai resistivity dalam bentuk 2.5 D



Gambar 4. 4 Solid model 3D resistivity

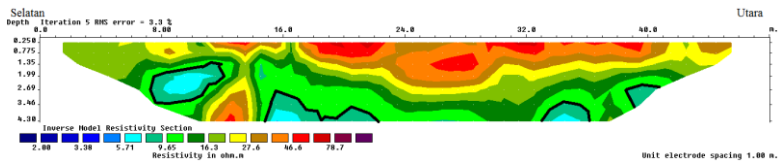
## 4.2 Pembahasan

Hasil galian oleh tim Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Timur menunjukkan bahwa Petirtaan Sumberbeji terkubur dengan kedalaman berkisar 2 sampai 4 meter di bawah permukaan tanah dan hal tersebut menjadi dasar penggunaan spasi sebesar 1 meter dengan harapan mendapatkan hasil dan resolusi penggambaran bawah permukaan yang baik. Petirtaan Sumberbeji saat

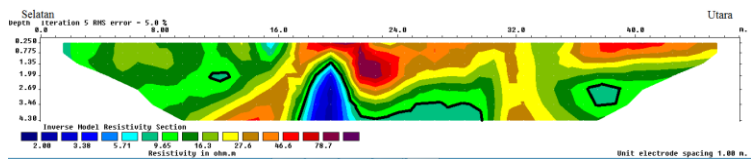
ini berstatus telah dilindungi oleh Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Timur dan belum sepenuhnya terekskavasi secara utuh. Oleh karena itu, dibutuhkan pengukuran untuk mengetahui pemetaan bawah permukaan di daerah sekitar Petirtaan Sumberbeji yang diduga terdapat sisa bangunan agar proses ekskavasi dapat dilakukan dengan efisien tanpa menimbulkan kerusakan pada sisa bangunan yang masih tertimbun.

Metode *resistivity* adalah salah satu metode yang telah banyak digunakan dalam bidang arkeologi dalam hal pelacakan benda-benda maupun penyebaran bangunan yang terpendam. Hal tersebut menjadi dasar metode *resistivity* digunakan karena pengukuran yang dilakukan bersifat non-destruktif dan dapat memetakan bawah permukaan di sekitar Petirtaan Sumberbeji. Pada penelitian ini digunakan metode *resistivity* konfigurasi *Wenner-Alpha* mengingat hasil yang diharapkan adalah persebaran nilai *resistivity*.

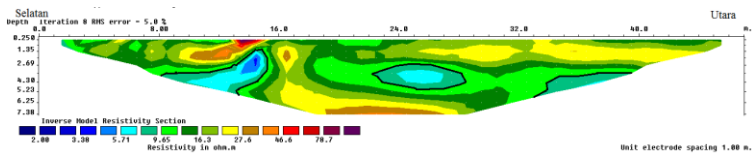
Berdasarkan dari hasil inversi 2D dari sub bab sebelumnya, penampang 2D diatur dengan rentang nilai *resistivity* terkecil dan terbesar pada semua lintasan untuk mempermudah interpretasi. Nilai *resistivity* terkecil didapatkan sebesar 2.57 ohm.meter dan nilai *resistivity* terbesar 99.5 ohm.meter. Model penampang 2D ditampilkan sebagai berikut:



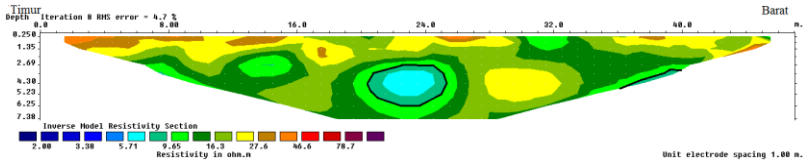
Gambar 4. 5 Model resistivity 2D lintasan 1



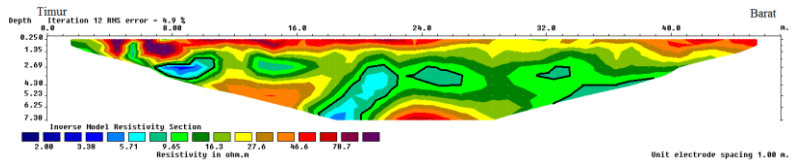
Gambar 4. 6 Model resistivity 2D lintasan 2



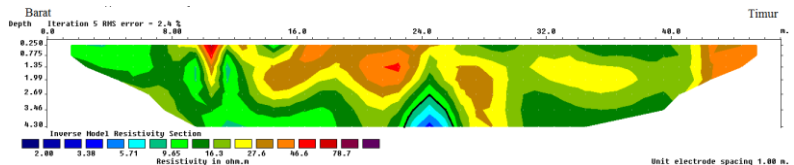
Gambar 4. 7 Model resistivity 2D lintasan 3



Gambar 4. 8 Model resistivity 2D lintasan 4



Gambar 4. 9 Model resistivity 2D lintasan 5



Gambar 4. 10 Model resistivity 2D lintasan 6

Dari model *resistivity* 2D lintasan 1 didapat panjang lintasan 1 sebesar 48 meter dengan *depth of investigation* sekitar 4.30 meter. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 5 dengan *rms error* 3.3%. Hasil inversi penampang 2D pada lintasan 1 memperoleh rentang nilai 6.07 ohm.meter hingga 48.2 ohm meter. Anomali nilai *resistivity* terlihat pada jarak 7 – 42 meter dari start awal pengukuran pada kedalaman 1,35 – 4.30 meter dari permukaan. Anomali nilai *resistivity* tersebut ditandai dengan warna biru tua dan biru kehijauan yang mempunyai nilai *resistivity* rendah, yaitu sekitar 6.07 ohm.meter – 11 ohm.meter.

Lintasan 2 diambil sejajar dengan lintasan 1. Panjang lintasan 2 sebesar 48 meter dengan *depth of investigation* sekitar 4.30 meter. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 5 dengan *rms error* 5%. Hasil inversi penampang 2D pada lintasan 2 memperoleh rentang nilai 2.57 ohm.meter hingga 55.8 ohm meter. Anomali nilai *resistivity* terlihat pada jarak 17 – 21 meter dari start awal pengukuran pada kedalaman 1,35 – 4.30 meter dari permukaan. Anomali nilai *resistivity* tersebut ditandai dengan warna biru tua dan biru kehijauan yang mempunyai nilai *resistivity* rendah, yaitu sekitar 2.57 ohm.meter – 9.61ohm.meter.

Lintasan 3 sejajar dengan lintasan 2. Panjang lintasan 3 sebesar 48 meter dengan *depth of investigation* sekitar 7.38 meter. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 8 dengan *rms error* 5%. Hasil inversi penampang 2D pada lintasan 3 memperoleh rentang nilai 4.47 ohm.meter hingga 78.9 ohm meter. Anomali nilai *resistivity* terlihat pada jarak 8 – 40 meter dari start awal pengukuran pada kedalaman 1.35 – 6.35 meter dari permukaan. Anomali nilai *resistivity* tersebut ditandai dengan warna biru tua dan biru kehijauan yang mempunyai nilai *resistivity* rendah, yaitu sekitar 4.47 ohm.meter – 10.2 ohm.meter.

Lintasan 4 diambil dengan memotong lintasan 1, 2, dan 3. Panjang lintasan 3 sebesar 48 meter dengan *depth of investigation* sekitar 34.3 meter. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 8 dengan *rms error* 4.7%. Hasil inversi penampang 2D pada lintasan 4 memperoleh rentang nilai 6.22 ohm.meter hingga 34.3 ohm meter. Anomali nilai *resistivity* terlihat pada jarak 13 – 16 meter dan 21 – 26 meter dari start awal pengukuran pada kedalaman 1.35 – 7.38 meter dari permukaan. Anomali nilai *resistivity* tersebut ditandai dengan warna biru tua dan biru kehijauan yang mempunyai nilai *resistivity* rendah, yaitu sekitar 4.47 ohm.meter – 10.1 ohm.meter.

Lintasan 5 diambil secara sejajar dengan lintasan 4. Panjang lintasan 3 sebesar 48 meter dengan *depth of investigation* sekitar 7.38 meter. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 12 dengan *rms error* 4.9%. Hasil inversi penampang 2D pada lintasan 5 memperoleh rentang nilai 4.16 ohm.meter hingga 99.5 ohm.meter. Anomali nilai *resistivity* terlihat pada jarak 5 – 40 meter dari start awal pengukuran pada kedalaman 0.25 – 7.38 meter dari permukaan. Anomali nilai *resistivity* tersebut ditandai dengan warna biru tua dan biru kehijauan yang mempunyai nilai *resistivity* rendah, yaitu sekitar 4.16 ohm.meter – 10.3ohm.meter.

Lintasan 6 sejajar dengan lintasan 5. Panjang lintasan 6 sebesar 48 meter dengan *depth of investigation* sekitar 4.30 meter. Jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 5 dengan *rms error* 2.7%. Hasil inversi penampang 2D pada lintasan 6 memperoleh rentang nilai 5.02 ohm.meter hingga 54.3 ohm.meter. Anomali nilai *resistivity* terlihat pada jarak 2 – 26 meter dari start awal pengukuran pada kedalaman 0.25 – 4.30 meter dari permukaan. Anomali nilai *resistivity* tersebut ditandai dengan warna biru tua dan biru kehijauan yang mempunyai nilai *resistivity* rendah, yaitu sekitar 5.02 ohm.meter – 9.91 ohm.meter.

Selanjutnya pembahasan untuk memperkuat penentuan anomali yang dimaksud, dilakukan penggabungan analisa lintasan yang sejajar. Pada lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3 diperoleh nilai *resistivity* yang serupa pada kedalaman 1,5 meter – 4,5 meter dengan nilai 5 ohm.meter 9.65 ohm.meter yang diberi garis hitam pada gambar 4.5, gambar 4.6, dan gambar 4.7 dimana

diinterpretasikan sebagai batuan lempung dan diduga sebagai kepenerusan dari saluran air. Temuan ini didukung oleh data lapangan berupa adanya saluran air yang sudah terekskavasi di Petirtaan Sumberbeji dan tepat berada dibawah lintasan 6 dengan orientasi barat-timur seperti pada gambar 4.11.



*Gambar 4. 21 Lokasi saluran air Petirtaan Sumberbeji (kiri), Penggalian menghasilkan indikasi kepenerusan saluran air (kanan)*

Nilai *resistivity* dengan penginterpretasian batuan lempung juga ditemukan pada lintasan 4, lintasan 5, dan lintasan 6 yang memotong lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3 dengan kedalaman 2 meter – 6 meter didukung data lapangan dari pihak Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Timur yang telah melakukan beberapa proses ekskavasi dan penggalian di salah titik start pengukuran lintasan 6 (gambar 4.12) yang menghasilkan keluarnya rembesan air. Hal ini memberikan gambaran adanya kemungkinan terdapat saluran air lain selain saluran air yang sudah terekskavasi. Ditampilkan dalam gambar 4.12.

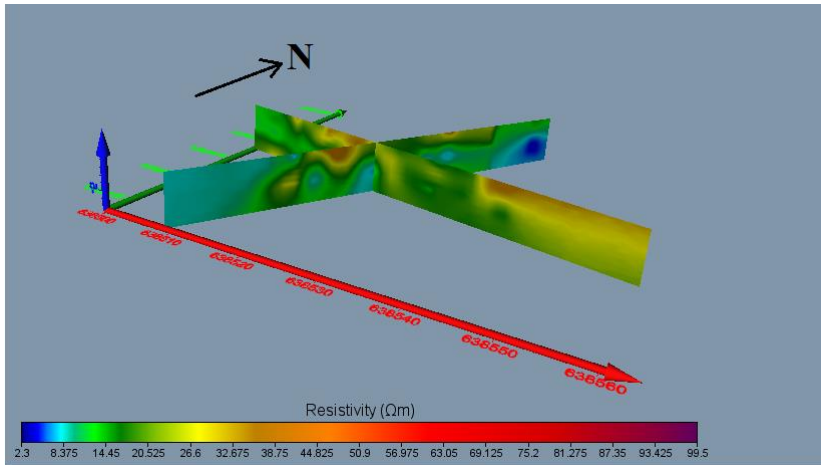
Dari model *resistivity* lintasan 1 hingga lintasan 6 didapatkan nilai *resistivity* 5 ohm.meter (      ) – 9.65 ohm.meter (      ) yang diinterpretasikan sebagai batuan lempung, nilai *resistivity* 12.54 ohm.meter (      ) – 27.571 ohm.meter (      ) diinterpretasikan lempung pasiran, dan nilai *resistivity* 35.843 ohm.meter (      ) – 78.747 ohm.meter (      ) diinterpretasikan pasir lempungan. Pada penelitian sebelumnya di daerah Jombang (Hapsari, 2013) juga meninterpretasikan nilai *resistivity* dengan nilai 1 – 10 ohm.meter sebagai batuan lempung. Hasil interpretasi juga mempertimbangkan daerah penelitian merupakan daerah endapan lahar (Q<sub>vlh</sub>) yang didefinisikan mengandung kerakal pasir gunungapi, tuf, lempung dan sisa tumbuhan atau peradaban.



Gambar 4. 32 Pendugaan adanya saluran air

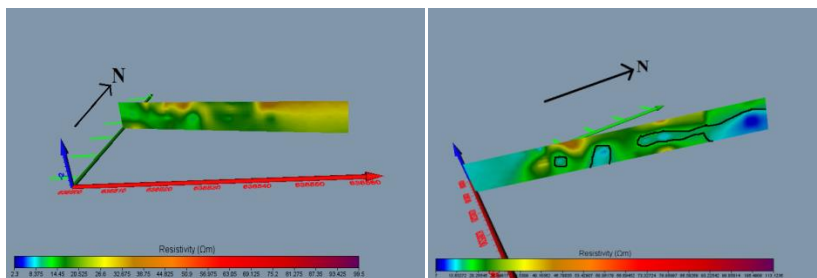
Berdasarkan hasil inversi penampang 2D *resistivity* dari semua lintasan diinterpretasikan bahwa terdapat anomali *resistivity* bernilai 5 ohm.meter – 9.65 ohm.meter yang diinterpretasikan batuan lempung dan diduga benda arkeologi sebagai saluran air Petirtaan Sumberbeji yang terkubur. Anomali tersebut dicitrakan dengan warna biru tua (■) – biru kehijauan (■). Nilai *resistivity* yang didapat sesuai dengan table 2.1 yang memberikan nilai *resistivity* pada batuan lempung sebesar 5 ohm.meter – 9.65 ohm.meter. Dengan hasil penampang 2D *resistivity* tersebut, dibuat bentuk pemodelan 3D.

Pemodelan 3D pada gambar 4.4 memiliki kekurangan yaitu tidak dapat menampilkan bagian dalam dari *solid* model sehingga dibutuhkan pengirisan secara vertikal. Irisan vertikal dibuat sedemikian rupa sesuai model yang dibutuhkan dalam hal ini pendugaan saluran air yang kemudian digabungkan agar membentuk *cross-section* (Gambar 4.13). Rentang nilai *resistivity* pada pemodelan 3D disesuaikan dengan penampang 2D yaitu 2.57 ohm.meter – 99.5 ohm.meter.



Gambar 4. 43 Model cross-section resistivity

Anomali yang perlu diperhatikan yaitu batuan lempung direpresentasikan dengan warna biru tua – biru kehijauan dengan nilai 5 ohm.meter – 9.65 ohm.meter. Berdasarkan *cross-section* pada gambar 4.14, tidak didapatkan adanya anomali batuan lempung pada *cross-section* berorientasi barat-timur yang memotong lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3. Namun anomali batuan lempung ditemukan pada *cross-section* berorientasi utara-selatan yang memotong lintasan 4, lintasan 5, dan lintasan 6.



Gambar 4. 54 Model cross-section resistivity barat-timur (kiri) dan Model cross-section resistivity utara-selatan (kanan)

Metode yang digunakan pada pemodelan 3D pada penelitian ini yaitu *inverse distance*. Metode *inverse distance* mengambil konsep autokorelasi



spasial yang dimaksudkan dengan nilai sampel terdekat menjadi acuan nilai yang akan diperkirakan, semakin dekat nilai sampel maka nilai yang akan diperkirakan semakin menyerupai nilai sampel yang digunakan (Setianto, 2013). Digunakannya metode *Inverse Distance* agar menjawab tujuan yaitu keperuseran saluran air. Dari pemodelan 3D tersebut, pendugaan adanya saluran air pada model *cross-section resistivity* barat-timur tidak ditemukan keperuseran saluran air dan pada model *cross-section resistivity* selatan-utara diduga terdapat saluran air yang masih terkubur pada kedalaman 2-6 meter. Hal ini berbeda dengan pendapat tim Balai Pelestarian Cagar Budaya Jawa Timur yang menduga terdapat keperuseran saluran air berarah barat-timur. Tidak ditemukannya anomali batuan lempung pada model *cross-section resistivity* bagian barat-timur diduga terjadi karena jarak antara lintasan 1 dan lintasan 2 terlalu jauh yaitu sekitar 22 meter. Berbeda dengan lintasan lain yang sejajar hanya berjarak sekitar 15-17 meter. Tidak ditemukannya keperuseran ini terjadi dikarenakan jarak lintasan yang dikorelasikan terlalu jauh. Menurut (Pramono, 2008) untuk mendapatkan nilai korelasi yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat dan memiliki nilai yang berhubungan dengan variasi lokal. Jika tidak memenuhi hal tersebut, hasilnya memiliki kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari pengolahan data *resistivity* pada tugas akhir ini didapat nilai *resistivity* dari saluran air di Petirtaan Sumberbeji dicitrakan dengan warna biru tua (■) – biru kehijauan (■). Nilai *resistivity* yang didapat sesuai dengan tabel 2.1 yang memberikan nilai *resistivity* pada batuan lempung 5 ohm.meter – 9.65 ohm.meter
2. Berdasarkan dari nilai *resistivity*, terdapat kepenerusan dari saluran air di Situs Petirtaan Sumberbeji dengan arah kepenerusan utara-selatan dan kedalaman dari kepenerusan saluran air yang masih terkubur di situs Petirtaan Sumberbeji berkisar antara 2-6 meter di bawah permukaan tanah.

### 5.2 Saran

Pada penelitian ini, telah dilakukan pemodelan 3D data *resistivity* dengan menggunakan metode *Inverse Distance*. Untuk pemodelan dengan metode yang sama, lebih baik untuk mengumpulkan sampel yang mencakup wilayah studi secara tersebar dan merata. Hal ini akan berpengaruh pada kualitas interpolasi. Selain itu sampel yang tersebar secara merata juga memungkinkan digunakan untuk mengecek keberhasilan hasil interpolasi secara lebih baik.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bisri, M., 1991. Aliran Air Tanah. Penerbitan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Hapsari, S.B., 2013. Interpretasi Data Geolistrik Untuk Memetakan Potensi Air Tanah Dalam Menunjang Pengembangan Data Hidrogeologi Di Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Surakarta.
- Karisma, U., 2013. Pola Distribusi Resistivitas Bawah Permukaan Situs Megalitikum Dengan Metode Geolistrik Res3d Di Kecamatan Grugujan Kabupaten Bondowoso.
- Loke, M.H., 1999. *Electrical Imaging Surveys For Environment and Engineering Studies a Practiocal Guide 2-D and 3-D Surveys*, Penang.
- Nugraha, G.U., Nur, A.A., Cssa, B.Y., Pranantya, P.A., Ardi, N.D., 2016. Analisis Aliran Rembesan (Seepage) Menggunakan Pemodelan 3D Metode Resistivitas Konfigurasi Wenner. Fakultas Teknik Geologi Unpad, Semarang.
- Pramono, G.H., 2008. Akurasi Metode IDW Dan Krigging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Maros, Sulawesi Selatan. Forum Geografi, Vol. 22, No. 1.
- Pryambodo, D.G., Troa, R.A., 2016. Aplikasi Metode Geolistrik untuk Identifikasi Situs Arkeologi di Pulau Laut, Natuna. Kalpataru.
- Putro, A.S.P., 2016. Aplikasi Metode Resistivitas 3d Untuk Menentukan Sebaran Intrusi Air Laut Di Daerah Perumahan Tanah Mas Semarang Utara. Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Santoso, S., Atmawinata, S., 1992. Peta Geologi Lembar Kediri, Jawa.
- Susanto, K., 2012. Serial Sectioning 3D Data Induce Potensial (IP) Untuk Identifikasi Host Rock Daerah Tambang Logam. Pros. Semin. Nas. Pertem. IIm. Tah. Himpun. Geofis. Indones. PIT-HAGI 34 Plb.
- Setianto, A. 2013. Comparison Of Kriging And Inverse Distance Weighted (IDW) Interpolation Methods In Lineament Extraction And Analysis. *J. SE Asian Appl. Geol., Jan-Jun 2013, Vol. 5(1)*.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. Applied geophysics, 2nd ed. ed. Cambridge University Press, Cambridge [England] ; New York.
- Wilantara, G., Wijatmoko, B., Susanto, K., 2013. Rekonstruksi 3D Data Resistivitas Dengan Topografi Untuk Mengestimasi Volume Batuan. Proceeding Semin. Nas. Diponegoro Phys. 1st Conf. Semarang.

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1

Data *resistivity* lintasan 1

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)
1	4	2	3	221.24	607.82
2	5	3	4	227.55	652.89
3	6	4	5	267.31	784.58
4	7	5	6	710.41	1848.12
5	8	6	7	271.9	845.18
6	9	7	8	253.16	692.76
7	10	8	9	677.25	2108.61
8	11	9	10	230.71	770.44
9	12	10	11	711.21	3002.08
10	13	11	12	273.26	595.14
11	14	12	13	266.83	1022.3
12	15	13	14	274.31	462.04
13	16	14	15	433.46	1053.67
14	17	15	16	210.82	231.95
15	18	16	17	246.72	1112.86
16	19	17	18	343.87	680.2
17	20	18	19	347.5	2115.08
18	21	19	20	343.32	1866.01
19	22	20	21	355.16	2802.06
20	23	21	22	336.15	2151.98
21	24	22	23	337.81	2737.37
22	25	23	24	623.65	3822.32
23	26	24	25	704.04	3699.88
24	27	25	26	191.62	1063.02
25	28	26	27	252.55	1362.29
26	29	27	28	234.81	1393.83
27	30	28	29	271.73	1833.15

28	31	29	30	252.48	1429.84
29	32	30	31	225.53	1661.85
30	33	31	32	683.75	4353.88
31	34	32	33	194.4	1297.28
32	35	33	34	204.32	1550.2
33	36	34	35	337.85	1879.82
34	37	35	36	696.8	4824.55
35	38	36	37	221.62	1240.15
36	39	37	38	648.64	3970.95
37	40	38	39	340.59	1989.18
38	41	39	40	209.52	1191.92
39	42	40	41	236.37	1399.5
40	43	41	42	338.28	1519.64
41	44	42	43	306.18	1396.78
42	45	43	44	356.66	1169.49
43	46	44	45	334.67	1425.86
44	47	45	46	334.67	1331.84
45	48	46	47	231.74	913.04
1	7	3	5	333.38	435.65
2	8	4	6	271.8	355.62
3	9	5	7	249.84	344.3
4	10	6	8	253.84	351.23
5	11	7	9	720.52	954.38
6	12	8	10	207.11	318.22
7	13	9	11	203.53	273.7
8	14	10	12	421.97	430.81
9	15	11	13	356.91	362.86
10	16	12	14	336.55	471.51
11	17	13	15	339.15	459.32
12	18	14	16	335.47	414.43
13	19	15	17	345.81	474.14

14	20	16	18	330.84	380.52
15	21	17	19	329.55	451.85
16	22	18	20	246.45	524.17
17	23	19	21	332.75	735.4
18	24	20	22	331.78	640.28
19	25	21	23	348.76	805.43
20	26	22	24	335.38	945.61
21	27	23	25	332.98	855.02
22	28	24	26	217.12	568.93
23	29	25	27	250.07	661.78
24	30	26	28	218.89	655.62
25	31	27	29	703	2061.27
26	32	28	30	636.42	1781.87
27	33	29	31	333.11	895.98
28	34	30	32	254.39	705.12
29	35	31	33	288.5	792.82
30	36	32	34	239.26	646.45
31	37	33	35	192.56	448.55
32	38	34	36	645.83	1325.21
33	39	35	37	337.51	796.03
34	40	36	38	338.7	784.43
35	41	37	39	240.91	481.64
36	42	38	40	246.93	490.7
37	43	39	41	209.19	436.65
38	44	40	42	270.23	552.17
39	45	41	43	226.22	385.64
40	46	42	44	348.79	521.95
41	47	43	45	339.83	584.06
42	48	44	46	239.22	421.4
1	10	4	7	203.8	176.14
2	11	5	8	704.66	594.38

3	12	6	9	725.8	667.08
4	13	7	10	302.9	256.01
5	14	8	11	326.54	260.34
6	15	9	12	393.34	245.93
7	16	10	13	237.68	156.85
8	17	11	14	659.49	456.81
9	18	12	15	656.56	683.77
10	19	13	16	356.18	329.34
11	20	14	17	341.13	323.1
12	21	15	18	340.98	209.57
13	22	16	19	209.44	164.25
14	23	17	20	297.36	238.08
15	24	18	21	270.62	287.71
16	25	19	22	291.61	320.18
17	26	20	23	337.45	445.27
18	27	21	24	645.26	825.08
19	28	22	25	346.94	496.13
20	29	23	26	334.02	447.91
21	30	24	27	333.23	462.9
22	31	25	28	330.24	458.32
23	32	26	29	660.04	974.82
24	33	27	30	333.95	484.98
25	34	28	31	685.78	972.42
26	35	29	32	210.73	295.9
27	36	30	33	202.43	307.49
28	37	31	34	250.53	362.31
29	38	32	35	241.64	320.78
30	39	33	36	225.83	272.46
31	40	34	37	340.55	364.21
32	41	35	38	685.02	718.84
33	42	36	39	691.87	732.67



34	43	37	40	210.18	235.06
35	44	38	41	328.11	380.22
36	45	39	42	236.4	262.89
37	46	40	43	337.31	342.93
38	47	41	44	341.71	288.57
39	48	42	45	624.69	531.09
1	13	5	9	233.48	140.99
2	14	6	10	325.09	194.86
3	15	7	11	384.11	197.48
4	16	8	12	385.83	183.39
5	17	9	13	335.62	165.74
6	18	10	14	681.91	365.94
7	19	11	15	465.29	303.04
8	20	12	16	334.07	220.8
9	21	13	17	336.06	223.46
10	22	14	18	662.92	389.08
11	23	15	19	672.03	336.39
12	24	16	20	332.29	175.13
13	25	17	21	240.51	137.87
14	26	18	22	272.54	187.52
15	27	19	23	341.07	295.16
16	28	20	24	463.09	393.28
17	29	21	25	645.82	549.72
18	30	22	26	198.29	167.84
19	31	23	27	362.58	270.73
20	32	24	28	342.44	267.16
21	33	25	29	346.86	272.49
22	34	26	30	614.7	465.1
23	35	27	31	223.45	197.67
24	36	28	32	635	560.58
25	37	29	33	682.5	609.26

26	38	30	34	670.53	628.41
27	39	31	35	693.48	560.98
28	40	32	36	334.88	272.72
29	41	33	37	267.06	194.3
30	42	34	38	351.53	229.17
31	43	35	39	205.88	141.79
32	44	36	40	238.75	168.57
33	45	37	41	670.62	503.62
34	46	38	42	337.09	243.94
35	47	39	43	338.63	225.99
36	48	40	44	642.6	381.84
1	16	6	11	279.21	115.37
2	17	7	12	334.43	124.7
3	18	8	13	670.25	270.58
4	19	9	14	353.51	151.25
5	20	10	15	336.34	161.06
6	21	11	16	334.86	149.92
7	22	12	17	332.7	173.86
8	23	13	18	249.46	112.31
9	24	14	19	700.14	311.76
10	25	15	20	207.57	88.66
11	26	16	21	641.75	288.68
12	27	17	22	684.13	315.64
13	28	18	23	346.78	191.1
14	29	19	24	412.73	232.93
15	30	20	25	451.91	273.1
16	31	21	26	282.65	153.32
17	32	22	27	340.2	190.09
18	33	23	28	339.51	164.84
19	34	24	29	364.22	173.22
20	35	25	30	335.66	168.46

21	36	26	31	338.93	179.32
22	37	27	32	329.95	184.05
23	38	28	33	697.06	424.09
24	39	29	34	604.84	373.24
25	40	30	35	337.82	205.26
26	41	31	36	197.98	109.23
27	42	32	37	275.59	148.46
28	43	33	38	282.8	148.85
29	44	34	39	381.98	196.44
30	45	35	40	331.79	171.87
31	46	36	41	336.7	177.41
32	47	37	42	344.24	173.34
33	48	38	43	334.89	160.38
1	19	7	13	472.27	154.64
2	20	8	14	335.65	115.53
3	21	9	15	334.43	127.39
4	22	10	16	700.35	258.36
5	23	11	17	210.13	78.58
6	24	12	18	726.14	271.46
7	25	13	19	332.45	126.25
8	26	14	20	231.78	88.41
9	27	15	21	227.69	83.11
10	28	16	22	283.29	107.04
11	29	17	23	225.71	89.83
12	30	18	24	218.71	91.42
13	31	19	25	231.62	92.58
14	32	20	26	249.36	98.5
15	33	21	27	216.4	85.2
16	34	22	28	291.31	109.81
17	35	23	29	335.9	127.31
18	36	24	30	334.83	117.05

19	37	25	31	448.43	167.39
20	38	26	32	339.49	129.65
21	39	27	33	340.98	140.85
22	40	28	34	340.3	146.62
23	41	29	35	209.17	89.45
24	42	30	36	215.39	96.44
25	43	31	37	204.63	86.57
26	44	32	38	253.47	110.54
27	45	33	39	262.37	108.07
28	46	34	40	685.04	272.04
29	47	35	41	337.84	140.78
30	48	36	42	226.92	87.18
1	22	8	15	333.63	106.29
2	23	9	16	211.02	65.18
3	24	10	17	712.54	222.84
4	25	11	18	223.17	67.61
5	26	12	19	727.71	239.33
6	27	13	20	240.75	80.39
7	28	14	21	208.48	69.1
8	29	15	22	332.64	100.74
9	30	16	23	275.19	90.74
10	31	17	24	755.92	241.29
11	32	18	25	334.7	108.93
12	33	19	26	337.05	102.19
13	34	20	27	240.77	69.28
14	35	21	28	347.95	102.49
15	36	22	29	286.17	89.97
16	37	23	30	285.77	82.94
17	38	24	31	337.52	100.84
18	39	25	32	334.7	96.79
19	40	26	33	524.87	159.53

20	41	27	34	337.03	107.8
21	42	28	35	333.14	107.32
22	43	29	36	652.23	216.12
23	44	30	37	272.41	98.69
24	45	31	38	208.28	73.08
25	46	32	39	336.16	117.06
26	47	33	40	342.24	115.65
27	48	34	41	694.32	224.27
1	25	9	17	664.15	182.14
2	26	10	18	714.4	188.9
3	27	11	19	237.36	64.03
4	28	12	20	318.11	92.9
5	29	13	21	266.94	76.89
6	30	14	22	296.53	83.98
7	31	15	23	335.55	89.98
8	32	16	24	216.1	57.82
9	33	17	25	334.13	86.14
10	34	18	26	208.98	54.31
11	35	19	27	205.8	52.59
12	36	20	28	333.75	81.38
13	37	21	29	236.65	57.98
14	38	22	30	280.78	68.75
15	39	23	31	271.81	68.62
16	40	24	32	629.49	154.55
17	41	25	33	336.33	85.04
18	42	26	34	201.29	51.26
19	43	27	35	408.71	107.24
20	44	28	36	333.79	93.09
21	45	29	37	335.13	93.68
22	46	30	38	336.84	97.53
23	47	31	39	338.64	98.38

24	48	32	40	604.49	175.75
----	----	----	----	--------	--------

LAMPIRAN 2

Data resistivity lintasan 2

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)
0	3	1	2	633.98	894.31
1	4	2	3	672.08	1038.1
2	5	3	4	498.07	798.06
3	6	4	5	535.54	877.67
4	7	5	6	617.08	1479.68
5	8	6	7	609.06	1115.33
6	9	7	8	454.66	1130.9
7	10	8	9	493.22	1028.33
8	11	9	10	509.22	1197.79
9	12	10	11	538.01	1081.64
10	13	11	12	530	1088
11	14	12	13	451.8	539.85
12	15	13	14	536.92	828.1
13	16	14	15	530.92	890.2
14	17	15	16	223.22	1223.49
15	18	16	17	239.8	255.75
16	19	17	18	348.52	2433.3
17	20	18	19	702.79	1564.54
18	21	19	20	344.09	1169.75
19	22	20	21	343.4	2116.25
20	23	21	22	277.27	2013.55
21	24	22	23	338.16	2334.57
22	25	23	24	346.09	2196.57
23	26	24	25	710.42	4875.06
24	27	25	26	333.65	1538.64
25	28	26	27	213.47	1378.67
26	29	27	28	334.72	1613.94

27	30	28	29	671.04	3394.85
28	31	29	30	333.99	1457.48
29	32	30	31	200.11	860.19
30	33	31	32	261.15	1050.98
31	34	32	33	237	884.79
32	35	33	34	266.34	956.45
33	36	34	35	264.57	921.9
34	37	35	36	279.79	1118.55
35	38	36	37	244.31	1337.8
36	39	37	38	255.23	1387.1
37	40	38	39	688.61	4625.4
38	41	39	40	210.03	1173.02
39	42	40	41	227.18	1439.48
40	43	41	42	338.6	1907.45
41	44	42	43	619.3	3121.53
42	45	43	44	246.85	1377.9
43	46	44	45	198.12	847.06
44	47	45	46	202.15	880.07
0	6	2	4	566.17	564.03
1	7	3	5	646.09	620.04
2	8	4	6	509.14	570.55
3	9	5	7	490.34	584
4	10	6	8	498.77	587.23
5	11	7	9	489.69	567.05
6	12	8	10	580.11	690.73
7	13	9	11	540.22	670.2
8	14	10	12	538.86	488.97
9	15	11	13	422.55	280.31
10	16	12	14	336.76	492.49
11	17	13	15	216.98	312.59
12	18	14	16	268.2	214.62

13	19	15	17	290.2	321.62
14	20	16	18	367.29	521.61
15	21	17	19	337.01	809.17
16	22	18	20	348.39	491.77
17	23	19	21	674.92	1487.27
18	24	20	22	692.04	2184.26
19	25	21	23	342.4	809.63
20	26	22	24	730.58	1357.92
21	27	23	25	346.81	904.57
22	28	24	26	357.03	1131.63
23	29	25	27	208.11	583.45
24	30	26	28	260.21	645.21
25	31	27	29	211.58	446.81
26	32	28	30	670.9	1280.16
27	33	29	31	619.94	1214.15
28	34	30	32	235.13	455.73
29	35	31	33	219.35	433.48
30	36	32	34	294.83	528.89
31	37	33	35	681.58	1140.18
32	38	34	36	216.45	376.95
33	39	35	37	227.66	453.94
34	40	36	38	240.99	492.9
35	41	37	39	251.96	500.13
36	42	38	40	260.22	478.52
37	43	39	41	631.83	1219.04
38	44	40	42	337.82	617.05
39	45	41	43	239.44	407.39
40	46	42	44	217.04	359.45
41	47	43	45	265.63	447.98
0	9	3	6	519.26	395.96
1	10	4	7	520.39	396.89



2	11	5	8	424.57	355.61
3	12	6	9	642.31	510.88
4	13	8	10	620.45	431.24
5	14	9	11	519.77	380.38
6	15	10	12	449.66	291.6
7	16	11	13	383.2	187.41
8	17	12	14	238.08	268.76
9	18	13	15	236.81	208.79
10	19	14	16	426.62	89.11
11	20	15	17	350.13	173.76
12	21	16	18	688.6	410.97
13	22	17	19	453.56	440.22
14	23	18	20	332.14	445.27
15	24	19	21	296.45	448.75
16	25	20	22	280.63	437.43
17	26	21	23	340.79	450.64
18	27	22	24	339.11	331.89
19	28	23	25	243.15	207.63
20	29	24	26	219.21	196.38
21	30	25	27	337.4	500.82
22	31	26	28	357.62	585.33
23	32	27	29	244.12	378.38
24	33	28	30	232	269.92
25	34	29	31	325.98	379.09
26	35	30	32	200.58	242.5
27	36	31	33	662.71	827.93
28	37	32	34	674.05	751.13
29	38	33	35	665.87	654.06
30	39	34	36	249.91	220.35
31	40	35	37	617.07	609.85
32	41	36	38	222.71	246.08

33	42	37	39	231.44	273.35
34	43	38	40	213.84	233.25
35	44	39	41	684.99	691.78
36	45	40	42	277.44	265.77
37	46	41	43	243.72	232
38	47	42	44	254.01	239.78
0	12	4	8	692.39	419.93
1	13	5	9	523.54	350.45
2	14	6	10	447.58	254.55
3	15	7	11	485.8	270.44
4	16	8	12	388.47	215.51
5	17	9	13	233.22	86.04
6	18	10	14	245.4	146.79
7	19	11	15	505.48	274.23
8	20	12	16	403.95	201.28
9	21	13	17	337.64	35.14
10	22	14	18	346.52	170.92
11	23	15	19	317.61	170.87
12	24	16	20	345.45	243.49
13	25	17	21	320.56	222.23
14	26	18	22	226.85	248.8
15	27	19	23	716.45	598.13
16	28	20	24	210.12	138.96
17	29	21	25	338.25	185.11
18	30	22	26	209.65	104.5
19	31	23	27	240.46	138.51
20	32	24	28	262.78	172.09
21	33	25	29	340.06	294.42
22	34	26	30	346.07	361.43
23	35	27	31	278.46	252.32
24	36	28	32	258.72	228.01

25	37	29	33	240.26	198.96
26	38	30	34	625.04	453.38
27	39	31	35	336.33	225.93
28	40	32	36	334.32	204.6
29	41	33	37	677.45	418.85
30	42	34	38	254.77	162.57
31	43	35	39	336.5	243.02
32	44	36	40	628.01	484.4
33	45	37	41	244.81	186.44
34	46	38	42	331.2	235.43
35	47	39	43	323.08	207.87
0	15	5	10	513.55	236.26
1	16	6	11	401.78	191.39
2	17	7	12	216.53	105.13
3	18	8	13	255.58	68.11
4	19	9	14	515.18	211.26
5	20	10	15	393.55	156.74
6	21	11	16	336.85	124.5
7	22	12	17	345.02	114.27
8	23	13	18	362.2	61.35
9	24	14	19	293.62	131.47
10	25	15	20	331	160.95
11	26	16	21	218.44	152.74
12	27	17	22	217.64	167.71
13	28	18	23	225.67	140.23
14	29	19	24	248.71	129.54
15	30	20	25	341.07	163.26
16	31	21	26	206.68	83.29
17	32	22	27	646.65	232.57
18	33	23	28	690.64	270.79
19	34	24	29	414.93	188.99

20	35	25	30	300.76	154.5
21	36	26	31	339.2	229.65
22	37	27	32	357.05	249.94
23	38	28	33	225.19	143.73
24	39	29	34	224.21	121.45
25	40	30	35	213.36	105.85
26	41	31	36	636.52	291.75
27	42	32	37	336.73	155.99
28	43	33	38	336.35	154.72
29	44	34	39	335.63	163.72
30	45	35	40	271.34	140.51
31	46	36	41	206.56	115.4
32	47	37	42	276.91	157.53
0	18	6	12	263.49	90.39
1	19	7	13	539.04	160.26
2	20	8	14	351.1	114.64
3	21	9	15	335.23	107.54
4	22	10	16	344.67	97.08
5	23	11	17	353.29	93.2
6	24	12	18	306.15	106.08
7	25	13	19	376.6	22.85
8	26	14	20	236.57	96.7
9	27	15	21	709.07	325.39
10	28	16	22	235.54	128.27
11	29	17	23	239.55	134.24
12	30	18	24	409.22	172.13
13	31	19	25	400.45	150.67
14	32	20	26	308.75	110.75
15	33	21	27	297.7	101.56
16	34	22	28	327.17	100.03
17	35	23	29	703.06	223.13

18	36	24	30	211.09	77.97
19	37	25	31	285.17	90.95
20	38	26	32	239.69	102.57
21	39	27	33	342.36	155.31
22	40	28	34	365.59	169.87
23	41	29	35	232.21	95.96
24	42	30	36	227.78	85.11
25	43	31	37	681.74	256.79
26	44	32	38	340.36	122.68
27	45	33	39	620.64	232.2
28	46	34	40	209.11	80.81
29	47	35	41	225.29	94.58
0	21	7	14	334.7	94.94
1	22	8	15	344.77	91.16
2	23	9	16	318.65	79.02
3	24	10	17	323.34	75.62
4	25	11	18	382.35	108.52
5	26	12	19	231.03	72.89
6	27	13	20	720.48	16.2
7	28	14	21	256.5	95.7
8	29	15	22	263.15	105.81
9	30	16	23	340.38	140.43
10	31	17	24	232.78	98.41
11	32	18	25	296.97	103.37
12	33	19	26	348.23	105.84
13	34	20	27	378.65	1023.76
14	35	21	28	366.47	109.45
15	36	22	29	345.48	98.75
16	37	23	30	240.89	66.83
17	38	24	31	337.71	93.96
18	39	25	32	673.47	202.49

19	40	26	33	248.14	78.12
20	41	27	34	247.71	75.14
21	42	28	35	341.23	110.61
22	43	29	36	378.26	127.38
23	44	30	37	645.61	210.97
24	45	31	38	240.71	75.76
25	46	32	39	280.42	87.88
26	47	33	40	204.03	63.17
0	24	8	16	335.49	76.56
1	25	9	17	395.27	84.59
2	26	10	18	214.74	54.15
3	27	11	19	738.65	195.94
4	28	12	20	258.67	75.3
5	29	13	21	257.66	1.88
6	30	14	22	357.11	120.69
7	31	15	23	252.91	81.61
8	32	16	24	335.28	109.45
9	33	17	25	297.21	102.54
10	34	18	26	401.27	118.16
11	35	19	27	350.27	100.61
12	36	20	28	417.46	113.34
13	37	21	29	304.56	80.12
14	38	22	30	279.18	66.73
15	39	23	31	286.89	68.51
16	40	24	32	214.37	52.51
17	41	25	33	622.9	145.16
18	42	26	34	683.12	166.37
19	43	27	35	216.84	51.88
20	44	28	36	672.66	163.62
21	45	29	37	340.45	92.54
22	46	30	38	353.88	102.29

23	47	31	39	294.24	84.25
----	----	----	----	--------	-------

### LAMPIRAN 3

#### Data resistivity lintasan 3

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)
1	4	2	3	417.13	1109.5
2	5	3	4	323.37	878.6
3	6	4	5	309.42	758.22
4	7	5	6	394.26	1001.5
5	8	6	7	427.13	1082.99
6	9	7	8	432.39	1131.22
7	10	8	9	393.27	1025.24
8	11	9	10	404.07	1121.13
9	12	10	11	416.42	1132.1
10	13	11	12	425.53	1318.7
11	14	12	13	406.72	1275.78
12	15	13	14	351.34	1081.28
13	16	14	15	355.58	1261.17
14	17	15	16	331.06	989.77
15	18	16	17	355.87	1205.1
16	19	17	18	328.45	1037.18
17	20	18	19	325.64	1005.33
18	21	19	20	319.44	995.85
19	22	20	21	360.55	1080.01
20	23	21	22	421.3	1145.67
21	24	22	23	310.58	902.9
22	25	23	24	443.47	1032.8
23	26	24	25	548.27	1341.91
24	27	25	26	383	736.63
25	28	26	27	431.6	847.09
26	29	27	28	442.59	865.57
27	30	28	29	400.97	850.88

28	31	29	30	431.76	1032.63
29	32	30	31	316.36	729.12
30	33	31	32	308.28	1062.75
31	34	32	33	449.33	990.55
32	35	33	34	312.24	857.9
33	36	34	35	302.05	1380.44
34	37	35	36	520.31	680.32
35	38	36	37	358.56	1220.29
36	39	37	38	258.88	593.58
37	40	38	39	360.24	960.34
38	41	39	40	341.93	783.21
39	42	40	41	259.58	644.82
40	43	41	42	337.54	619.09
41	44	42	43	391.32	1135.91
42	45	43	44	408.96	705.02
43	46	44	45	482.88	1091.59
44	47	45	46	463.07	1075.66
45	48	46	47	288.53	385.27
1	7	3	5	353.28	502.32
2	8	4	6	282.31	380
3	9	5	7	327.5	463.39
4	10	6	8	464.87	691.06
5	11	7	9	483.55	726.05
6	12	8	10	380.47	564.46
7	13	9	11	356.75	518.63
8	14	10	12	360.06	561.38
9	15	11	13	387.65	605.9
10	16	12	14	381.55	600.45
11	17	13	15	361.28	582.36
12	18	14	16	372.46	604.45
13	19	15	17	351.96	542.43



14	20	16	18	355.06	539.37
15	21	17	19	299.4	453.19
16	22	18	20	355.72	544.23
17	23	19	21	381.35	582.65
18	24	20	22	365.56	509.78
19	25	21	23	395.06	506.74
20	26	22	24	432.2	553.57
21	27	23	25	327.65	427.24
22	28	24	26	384.21	464.11
23	29	25	27	423.69	447.56
24	30	26	28	370.9	388.3
25	31	27	29	499.12	606.97
26	32	28	30	374.17	484.36
27	33	29	31	312.2	402.52
28	34	30	32	387.42	453.23
29	35	31	33	354.16	312.68
30	36	32	34	379.97	437.67
31	37	33	35	590.8	1349.24
32	38	34	36	312.67	533.28
33	39	35	37	221.42	151.52
34	40	36	38	298.15	233.26
35	41	37	39	339.23	538.62
36	42	38	40	375.07	576.36
37	43	39	41	633.09	765.12
38	44	40	42	407.51	428.22
39	45	41	43	270.56	339.6
40	46	42	44	299.66	379.11
41	47	43	45	374.99	397.6
42	48	44	46	272.62	228.39
1	10	4	7	411.94	383.2
2	11	5	8	306.99	296.99

3	12	6	9	298.63	292.09
4	13	7	10	415.16	403.1
5	14	8	11	424.31	397.33
6	15	9	12	358.15	331.92
7	16	10	13	328.83	314.63
8	17	11	14	325.83	323.75
9	18	12	15	416.52	433.03
10	19	13	16	382.47	386.22
11	20	14	17	392.94	389.04
12	21	15	18	312.79	292.58
13	22	16	19	383.7	360.97
14	23	17	20	425.29	394.98
15	24	18	21	340.89	325.53
16	25	19	22	391.35	348.91
17	26	20	23	392.11	347.71
18	27	21	24	391.56	340
19	28	22	25	348.78	312.84
20	29	23	26	352.16	291
21	30	24	27	320.21	253.24
22	31	25	28	439.5	326.22
23	32	26	29	361.99	284.77
24	33	27	30	293.85	255.63
25	34	28	31	442.66	354.87
26	35	29	32	432.66	264.97
27	36	30	33	388.54	242.14
28	37	31	34	491.26	382.31
29	38	32	35	355.44	472.58
30	39	33	36	259.87	290.65
31	40	34	37	320.22	277.89
32	41	35	38	299.97	135.03
33	42	36	39	301.2	177.02

34	43	37	40	465.9	307.12
35	44	38	41	404.04	448.5
36	45	39	42	401.48	351.64
37	46	40	43	522.59	453.78
38	47	41	44	391.4	306.39
39	48	42	45	204.52	138.59
1	13	5	9	371.94	254.51
2	14	6	10	283.25	189.59
3	15	7	11	284.8	181.9
4	16	8	12	379.89	248.34
5	17	9	13	377.52	247.95
6	18	10	14	383.33	256.53
7	19	11	15	329.69	235.87
8	20	12	16	351.82	246.81
9	21	13	17	343.38	237.5
10	22	14	18	423.72	291.35
11	23	15	19	481.98	304.84
12	24	16	20	359.01	234.39
13	25	17	21	424.2	268.4
14	26	18	22	439.63	278.25
15	27	19	23	363.95	242.88
16	28	20	24	346.21	222.91
17	29	21	25	325.21	210.74
18	30	22	26	381.86	234.39
19	31	23	27	394.29	234.09
20	32	24	28	308.48	181.56
21	33	25	29	261.45	151.66
22	34	26	30	395.27	224.01
23	35	27	31	417.08	196.66
24	36	28	32	360.94	187.63
25	37	29	33	586.03	313.14

26	38	30	34	434.95	256.03
27	39	31	35	263.55	229.66
28	40	32	36	287.8	207.59
29	41	33	37	339.39	228.57
30	42	34	38	381.61	222.75
31	43	35	39	525.56	186.87
32	44	36	40	349.67	156.75
33	45	37	41	317.88	156.3
34	46	38	42	402.78	218.98
35	47	39	43	388	306.73
36	48	40	44	269.63	153.56
1	16	6	11	344.28	167.15
2	17	7	12	261.61	126.26
3	18	8	13	300.53	146.89
4	19	9	14	381.13	190.87
5	20	10	15	413.14	211.88
6	21	11	16	320.27	165.2
7	22	12	17	359.77	187.4
8	23	13	18	421.65	214.8
9	24	14	19	400.1	201.96
10	25	15	20	476.58	226.6
11	26	16	21	500.5	241.09
12	27	17	22	385.17	188.5
13	28	18	23	371.38	185.92
14	29	19	24	357.4	176.42
15	30	20	25	355.68	177.16
16	31	21	26	391.66	187.28
17	32	22	27	287.35	135.18
18	33	23	28	300.4	138.43
19	34	24	29	358.22	156.99
20	35	25	30	347.53	127.12

21	36	26	31	312.89	122.66
22	37	27	32	505.96	216.42
23	38	28	33	419.33	186.38
24	39	29	34	250.28	119.63
25	40	30	35	316.63	202.37
26	41	31	36	411.26	228.45
27	42	32	37	389.65	199.17
28	43	33	38	444.85	204.77
29	44	34	39	405.31	175.86
30	45	35	40	410.16	131.33
31	46	36	41	447.76	161.41
32	47	37	42	337.36	131.69
33	48	38	43	230.02	88.61
1	19	7	13	345.43	135.73
2	20	8	14	277.89	107.52
3	21	9	15	260.69	104.18
4	22	10	16	422.5	170.29
5	23	11	17	513.42	208.96
6	24	12	18	369.07	150.51
7	25	13	19	396.81	156.73
8	26	14	20	436.14	175.83
9	27	15	21	433.42	171.84
10	28	16	22	411.32	163.81
11	29	17	23	396.3	156.62
12	30	18	24	376.55	147.82
13	31	19	25	424.14	171.8
14	32	20	26	312.62	120.03
15	33	21	27	283.54	108.5
16	34	22	28	355.85	128.44
17	35	23	29	320.92	100.8
18	36	24	30	371.85	123.2

19	37	25	31	447.1	145.97
20	38	26	32	349.45	125.1
21	39	27	33	226.77	82.97
22	40	28	34	291.62	115.28
23	41	29	35	397.26	200.56
24	42	30	36	361.78	163.27
25	43	31	37	520.2	216.34
26	44	32	38	513.4	197.84
27	45	33	39	419.48	161.96
28	46	34	40	386.77	138.8
29	47	35	41	389.2	108.7
30	48	36	42	273.62	73.43
1	22	8	15	378.84	126.1
2	23	9	16	319.07	104.38
3	24	10	17	291.26	96.44
4	25	11	18	475.15	158.83
5	26	12	19	535.11	180.88
6	27	13	20	397.36	136
7	28	14	21	350.63	121.29
8	29	15	22	355.07	119.19
9	30	16	23	422.92	141.68
10	31	17	24	479.21	160.28
11	32	18	25	341.79	114.23
12	33	19	26	296.54	97.47
13	34	20	27	382.26	117.72
14	35	21	28	353.31	95.3
15	36	22	29	346.63	99.21
16	37	23	30	443.41	129.29
17	38	24	31	322.59	96.15
18	39	25	32	255.68	76.19
19	40	26	33	271	82.12

20	41	27	34	333.88	110.56
21	42	28	35	314.11	133.18
22	43	29	36	457.06	168.34
23	44	30	37	491.81	172.8
24	45	31	38	387.36	131.08
25	46	32	39	442.52	148.35
26	47	33	40	487.98	164.52
27	48	34	41	277.54	79.23
1	25	9	17	420.3	119.88
2	26	10	18	327.29	94.58
3	27	11	19	308.47	91.14
4	28	12	20	410.31	124.76
5	29	13	21	417.33	125.5
6	30	14	22	388.85	115.39
7	31	15	23	398.87	117.24
8	32	16	24	310.88	89.71
9	33	17	25	323.82	95.6
10	34	18	26	426.17	117.96
11	35	19	27	391.58	95.58
12	36	20	28	366.52	91.28
13	37	21	29	484.21	123.52
14	38	22	30	355.43	94.44
15	39	23	31	243.09	64.18
16	40	24	32	269.17	72.16
17	41	25	33	309.14	81.08
18	42	26	34	373.34	106.63
19	43	27	35	409.13	140.32
20	44	28	36	398.44	129.86
21	45	29	37	333.29	103.71
22	46	30	38	395.37	116.63
23	47	31	39	468.2	140.96

24	48	32	40	263.05	72.72
1	26	10	19	443.83	139.15
2	27	11	20	294.52	96.7
3	28	12	21	297.9	97.76
4	29	13	22	399	130.9
5	30	14	23	441.33	143.44
6	31	15	24	437.09	140.97
7	32	16	25	301.18	97.48
8	33	17	26	292.52	92.06
9	34	18	27	427.53	126.11
10	35	19	28	395.13	100.74
11	36	20	29	404	106.72
12	37	21	30	483.04	133.1
13	38	22	31	359.21	101.48
14	39	23	32	251.38	72.44
15	40	24	33	270.48	78.06
16	41	25	34	321.48	97.1
17	42	26	35	330.2	129.07
18	43	27	36	445.54	153.21
19	44	28	37	383.81	127.68
20	45	29	38	384.05	122.38
21	46	30	39	322.95	102.78
1	31	11	21	423.15	105.31
2	32	12	22	252.13	62.31
3	33	13	23	248.98	61.67
4	34	14	24	425.04	102.67
5	35	15	25	412.05	89.49
6	36	16	26	376.93	82.58
7	37	17	27	452.08	99.38
8	38	18	28	353.33	78.12
9	39	19	29	272	60.57



10	40	20	30	306.28	68.03
11	41	21	31	374.29	81.53
12	42	22	32	368.17	82.24
13	43	23	33	439.72	95.52
14	44	24	34	406.39	93.72
15	45	25	35	371.84	99.81
16	46	26	36	355.5	90.92
17	47	27	37	349.58	88.15
18	48	28	38	269.39	62.8
1	34	12	23	380.72	86.17
2	35	13	24	276.99	56.53
3	36	14	25	295.65	62.65
4	37	15	26	558.12	116.83
5	38	16	27	415.38	87.87
6	39	17	28	256.74	53.45
7	40	18	29	270.74	56.45
8	41	19	30	337.19	70.91
9	42	20	31	412.14	85.74
10	43	21	32	500.54	102.91
11	44	22	33	458.03	94.4
12	45	23	34	395.15	84.57
13	46	24	35	381.21	94.26
14	47	25	36	389.15	90.52
15	48	26	37	255.8	55.97
1	37	13	25	483.79	99.03
2	38	14	26	278.48	57.08
3	39	15	27	217.62	43.11
4	40	16	28	304.77	60.84
5	41	17	29	393.37	77.63
6	42	18	30	379.01	75.77
7	43	19	31	413.62	80.79

8	44	20	32	403.78	79.72
9	45	21	33	446.41	87.31
10	46	22	34	425.8	86.52
11	47	23	35	436.3	100.29
12	48	24	36	266.72	55.53
1	40	14	27	281.32	53.95
2	41	15	28	268.61	50.17
3	42	16	29	297.17	56.65
4	43	17	30	499.88	94.16
5	44	18	31	486.9	91.37
6	45	19	32	407.77	77.48
7	46	20	33	360.26	67.54
8	47	21	34	386.44	75.22
9	48	22	35	288.59	59.85
1	43	15	29	439.99	79.08
2	44	16	30	308.67	104.06
3	45	17	31	314.37	56.68
4	46	18	32	424.38	77.34
5	47	19	33	462.11	83.98
6	48	20	34	271.82	48.96
1	46	16	31	379.84	65.95
2	47	17	32	297.99	52.43
3	48	18	33	228.45	38.55

#### LAMPIRAN 4

Data *resistivity* lintasan 4

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)
1	4	2	3	349.95	2104.14
2	5	3	4	642.05	3538.42
3	6	4	5	656.56	3398
4	7	5	6	215.67	1139.82
5	8	6	7	659.49	3056.77

6	9	7	8	686.61	2967.75
7	10	8	9	220.55	941.64
8	11	9	10	654.86	2741.01
9	12	10	11	231.41	932.32
10	13	11	12	209.82	856.58
11	14	12	13	337.93	1374.12
12	15	13	14	676.13	3013.59
13	16	14	15	683.06	2692.8
14	17	15	16	670.6	2885.98
15	18	16	17	675.34	2385.01
16	19	17	18	228.15	798.19
17	20	18	19	281.34	887.7
18	21	19	20	392.91	1186.85
19	22	20	21	322.52	985.28
20	23	21	22	356.24	933.27
21	24	22	23	284.98	922.24
22	25	23	24	346.57	1191.09
23	26	24	25	298.05	1056.06
24	27	25	26	701.94	2550.22
25	28	26	27	392.18	1603.5
26	29	27	28	270.49	1113.49
27	30	28	29	239.84	888.85
28	31	29	30	442.54	1546.62
29	32	30	31	432.57	1280.44
30	33	31	32	398.18	876.35
31	34	32	33	399	788.58
32	35	33	34	400.66	745.82
33	36	34	35	418.93	1010.31
34	37	35	36	337.87	854.07
35	38	36	37	299.76	976.88
36	39	37	38	341.08	1060.74

37	40	38	39	316.97	1148.89
38	41	39	40	253.43	988.13
39	42	40	41	259.14	846.08
40	43	41	42	269.23	932.99
41	44	42	43	229.21	803.91
42	45	43	44	252.22	799.93
43	46	44	45	260.5	686.73
44	47	45	46	261.14	1187.7
45	48	46	47	650.68	1452.32
1	7	3	5	346.55	718.44
2	8	4	6	632.73	1251.88
3	9	5	7	335.74	666.2
4	10	6	8	202.78	353.95
5	11	7	9	653.93	1156.32
6	12	8	10	261.49	503.54
7	13	9	11	222.21	433.38
8	14	10	12	337.32	590.42
9	15	11	13	338.22	569.47
10	16	12	14	672.81	1078.75
11	17	13	15	212.45	365.54
12	18	14	16	343.06	628.1
13	19	15	17	259.49	467.94
14	20	16	18	701.11	1096.31
15	21	17	19	193.1	285.2
16	22	18	20	220.42	350.48
17	23	19	21	319.34	514.8
18	24	20	22	257.69	381.04
19	25	21	23	360.75	523.46
20	26	22	24	260.67	423.7
21	27	23	25	263.06	399.97
22	28	24	26	343.73	453.45

23	29	25	27	371.74	568.93
24	30	26	28	254.32	448.68
25	31	27	29	441.13	664.44
26	32	28	30	329.42	435.91
27	33	29	31	265.98	384.48
28	34	30	32	353.43	473.59
29	35	31	33	312.46	351.08
30	36	32	34	353.41	395.76
31	37	33	35	414.57	533.69
32	38	34	36	404.26	535
33	39	35	37	379.36	508.93
34	40	36	38	305.52	385.14
35	41	37	39	250.14	349.87
36	42	38	40	274.05	455.65
37	43	39	41	291.72	435.48
38	44	40	42	268.15	353.18
39	45	41	43	303.82	461.4
40	46	42	44	278.31	435.48
41	47	43	45	244.55	366.08
42	48	44	46	340.19	643.35
1	10	4	7	347.1	379.91
2	11	5	8	629.5	639.91
3	12	6	9	215.48	225.71
4	13	7	10	205.05	228.73
5	14	8	11	337.1	386.61
6	15	9	12	335.73	372.34
7	16	10	13	705.13	672.81
8	17	11	14	210.32	193.1
9	18	12	15	229.98	220.07
10	19	13	16	253.02	274.62
11	20	14	17	226.49	246.67

12	21	15	18	387.31	411.03
13	22	16	19	251.55	244.12
14	23	17	20	206.4	195.93
15	24	18	21	339.08	320.67
16	25	19	22	236.9	225.27
17	26	20	23	240.62	234.92
18	27	21	24	240.67	231.2
19	28	22	25	357.49	329.29
20	29	23	26	316.58	278.92
21	30	24	27	387.48	355.38
22	31	25	28	383.76	358.06
23	32	26	29	497.89	495.82
24	33	27	30	283.4	284.97
25	34	28	31	353.89	333.37
26	35	29	32	255.87	209.97
27	36	30	33	244.93	192.26
28	37	31	34	368.37	268.87
29	38	32	35	316.28	258.37
30	39	33	36	327.52	289.56
31	40	34	37	368.92	340.76
32	41	35	38	318.71	277.13
33	42	36	39	298.54	264.15
34	43	37	40	280.89	255.01
35	44	38	41	264.04	237.26
36	45	39	42	325.09	287.39
37	46	40	43	302.9	252.23
38	47	41	44	291.03	265.46
39	48	42	45	337.89	331.77
1	13	5	9	347.39	253.64
2	14	6	10	336.76	240.39
3	15	7	11	338.36	249.78

4	16	8	12	657.51	467.58
5	17	9	13	213.05	147.76
6	18	10	14	261.31	176.52
7	19	11	15	273.16	182.78
8	20	12	16	224.68	156.01
9	21	13	17	248.61	178.47
10	22	14	18	246.58	183.54
11	23	15	19	252.55	186.47
12	24	16	20	253.91	171.44
13	25	17	21	274.6	182.25
14	26	18	22	630.42	408.46
15	27	19	23	340.19	216.67
16	28	20	24	235.57	150.29
17	29	21	25	287.58	180.26
18	30	22	26	341.55	217.58
19	31	23	27	399.76	260.4
20	32	24	28	403.55	282.01
21	33	25	29	461.88	342.9
22	34	26	30	315.94	243.96
23	35	27	31	347.2	257.07
24	36	28	32	259.74	164.38
25	37	29	33	370.1	209.36
26	38	30	34	258.58	134.62
27	39	31	35	231.52	122.57
28	40	32	36	333.08	191.8
29	41	33	37	261.46	166.06
30	42	34	38	265.46	181
31	43	35	39	332.88	227.04
32	44	36	40	341.75	230.13
33	45	37	41	360.42	229.9
34	46	38	42	290.8	171.79

35	47	39	43	285.6	187.06
36	48	40	44	337.07	220.47
1	16	6	11	351.6	181.27
2	17	7	12	202.29	101.59
3	18	8	13	215.2	111.18
4	19	9	14	245.28	127.29
5	20	10	15	227.58	115.05
6	21	11	16	286.87	150.2
7	22	12	17	265.98	143.12
8	23	13	18	250.6	134.75
9	24	14	19	668.17	354.42
10	25	15	20	268.35	142.69
11	26	16	21	200.18	103.15
12	27	17	22	236.4	114.05
13	28	18	23	273.87	125.46
14	29	19	24	192.5	88.36
15	30	20	25	656.52	294.89
16	31	21	26	252.3	113.96
17	32	22	27	357.95	182.7
18	33	23	28	397.74	224.25
19	34	24	29	324.71	190.58
20	35	25	30	297.65	177.75
21	36	26	31	403.94	240.16
22	37	27	32	329.47	169.74
23	38	28	33	355.09	162.18
24	39	29	34	245.45	103.9
25	40	30	35	335.42	134.89
26	41	31	36	220.93	86.74
27	42	32	37	198.81	86.91
28	43	33	38	302.52	142.84
29	44	34	39	276.4	141.67



30	45	35	40	312.93	171.84
31	46	36	41	347.54	179.71
32	47	37	42	379.49	190.37
33	48	38	43	336.21	175.52
1	19	7	13	342.97	136.88
2	20	8	14	215.01	85.89
3	21	9	15	231.8	94
4	22	10	16	239.79	100.29
5	23	11	17	254.46	106.1
6	24	12	18	205.76	87.16
7	25	13	19	287.64	121.52
8	26	14	20	198.84	82.51
9	27	15	21	637.79	256.79
10	28	16	22	267.45	98.21
11	29	17	23	232.38	85.27
12	30	18	24	338.35	122.95
13	31	19	25	298.32	105.1
14	32	20	26	221.62	79.75
15	33	21	27	192.43	75.29
16	34	22	28	221.34	99.72
17	35	23	29	272.45	127.24
18	36	24	30	353.48	165.76
19	37	25	31	338.89	157.93
20	38	26	32	303.63	133.55
21	39	27	33	373.57	148.59
22	40	28	34	302.82	105.17
23	41	29	35	287.64	97.83
24	42	30	36	209.05	69.97
25	43	31	37	303.6	97.76
26	44	32	38	230.96	77.1
27	45	33	39	222.72	82.37

28	46	34	40	314.5	128.69
29	47	35	41	300.43	128.62
30	48	36	42	338.03	147.9
1	22	8	15	344.23	116.26
2	23	9	16	239.63	81.49
3	24	10	17	631.62	215.6
4	25	11	18	259.53	89.31
5	26	12	19	201.14	68.94
6	27	13	20	694.41	236.84
7	28	14	21	286.91	93.31
8	29	15	22	230.57	71.04
9	30	16	23	226.51	66.86
10	31	17	24	290.42	86.68
11	32	18	25	275.75	83.89
12	33	19	26	393.6	122.4
13	34	20	27	254.99	84.53
14	35	21	28	686.61	242.4
15	36	22	29	664.33	243.94
16	37	23	30	228.21	86.09
17	38	24	31	278.01	104.99
18	39	25	32	330.17	118.39
19	40	26	33	310.3	105.45
20	41	27	34	252.77	80.44
21	42	28	35	294.88	88.48
22	43	29	36	275.98	78.5
23	44	30	37	304.74	85.12
24	45	31	38	235.38	64.58
25	46	32	39	315.73	88.21
26	47	33	40	247.27	77.51
27	48	34	41	343.9	117.17
1	25	9	17	342.74	100.67

2	26	10	18	683.73	197.57
3	27	11	19	335.21	95.67
4	28	12	20	257.83	72.07
5	29	13	21	233.8	65.34
6	30	14	22	258.44	68.43
7	31	15	23	313.54	51.98
8	32	16	24	273.26	71.06
9	33	17	25	249.19	65.58
10	34	18	26	248.83	67.46
11	35	19	27	222.47	63.33
12	36	20	28	349.55	104.23
13	37	21	29	263.69	79.18
14	38	22	30	694.17	215.67
15	39	23	31	641.37	198.44
16	40	24	32	215.49	63.34
17	41	25	33	235.03	67.76
18	42	26	34	267.57	75.92
19	43	27	35	281.32	76.31
20	44	28	36	265.02	68.43
21	45	29	37	352.47	89.41
22	46	30	38	285.95	68.04
23	47	31	39	331.15	80.34
24	48	32	40	343.07	91.83
1	28	10	19	349.3	112.56
2	29	11	20	621.41	191.75
3	30	12	21	221.02	66.15
4	31	13	22	243.19	70.45
5	32	14	23	236.15	66.64
6	33	15	24	295.08	82.61
7	34	16	25	330.27	92.63
8	35	17	26	257.65	73.73

9	36	18	27	221.3	68.28
10	37	19	28	240.14	79.48
11	38	20	29	239.62	80.85
12	39	21	30	342.81	116.02
13	40	22	31	250.73	85.4
14	41	23	32	701.27	225.17
15	42	24	33	627.21	188.78
16	43	25	34	686.62	204.25
17	44	26	35	236.3	71.61
18	45	27	36	287.2	84.19
19	46	28	37	274.29	77.22
20	47	29	38	293.81	81.13
21	48	30	39	332.74	88.68
1	31	11	21	342.12	71.92
2	32	12	22	258.4	54.09
3	33	13	23	232.21	50.68
4	34	14	24	240.28	52.86
5	35	15	25	223.71	48.63
6	36	16	26	264.68	56.27
7	37	17	27	275.28	60.68
8	38	18	28	224.09	51.15
9	39	19	29	221.38	50.87
10	40	20	30	242.07	55.78
11	41	21	31	706.72	163.89
12	42	22	32	266.45	60.53
13	43	23	33	228.86	49.91
14	44	24	34	636.25	135.74
15	45	25	35	619.68	133.72
16	46	26	36	205.99	44.85
17	47	27	37	264.12	57.39
18	48	28	38	338.16	71.59

1	34	12	23	345.32	68.95
2	35	13	24	210.88	42.76
3	36	14	25	216.21	42.32
4	37	15	26	247.86	49.28
5	38	16	27	227.58	45.59
6	39	17	28	252.58	52.56
7	40	18	29	258.36	53.66
8	41	19	30	705.64	146.85
9	42	20	31	684.79	143.19
10	43	21	32	223.52	45.31
11	44	22	33	205.08	40.8
12	45	23	34	309.73	60.75
13	46	24	35	235.16	45.68
14	47	25	36	665.1	131.97
15	48	26	37	352.88	71.45
1	37	13	25	344.9	63.75
2	38	14	26	214.27	38.63
3	39	15	27	208.38	39.24
4	40	16	28	234.14	45.34
5	41	17	29	707.07	135.49
6	42	18	30	215.33	41.66
7	43	19	31	237.14	45.66
8	44	20	32	203.02	37.84
9	45	21	33	212.75	38.53
10	46	22	34	229.44	41.25
11	47	23	35	217.63	39.94
12	48	24	36	338.7	62.7
1	40	14	27	346.8	60.43
2	41	15	28	674.58	120.35
3	42	16	29	650.12	115.88
4	43	17	30	216.28	38.83

5	44	18	31	205.79	37.11
6	45	19	32	241.35	42.51
7	46	20	33	243.86	41.93
8	47	21	34	215.07	36.43
9	48	22	35	344.96	60.17
1	43	15	29	349.33	59.77
2	44	16	30	690.59	116.17
3	45	17	31	200.4	34.01
4	46	18	32	221.94	36.6
5	47	19	33	218.44	35.65
6	48	20	34	341.3	55.59
1	46	16	31	347.97	55.74
2	47	17	32	205.61	32.42
3	48	18	33	343.85	54.24

#### LAMPIRAN 5

##### Data *resistivity* lintasan 5

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)
1	4	2	3	386.12	1115.67
2	5	3	4	400.82	1288.42
3	6	4	5	232.16	438.63
4	7	5	6	272.79	1813.64
5	8	6	7	376.18	266.44
6	9	7	8	338.36	4123.93
7	10	8	9	499.53	1366.91
8	11	9	10	171.87	1433.12
9	12	10	11	394.74	2942.05
10	13	11	12	459.27	3090.09
11	14	12	13	190.14	1344.54
12	15	13	14	341.44	2068.79
13	16	14	15	348.82	3552.13
14	17	15	16	350.69	1897.2

15	18	16	17	373.13	3399.94
16	19	17	18	359.68	2217.63
17	20	18	19	340.03	2525.38
18	21	19	20	351.97	2375.19
19	22	20	21	338.68	2690.55
20	23	21	22	337.5	2128.57
21	24	22	23	341.23	2432.11
22	25	23	24	689.15	5210.97
23	26	24	25	608.31	3293.73
24	27	25	26	654.56	4756.24
25	28	26	27	218.78	1030.12
26	29	27	28	199.11	913.8
27	30	28	29	262.76	1115.37
28	31	29	30	320.94	1231.81
29	32	30	31	231.51	905.07
30	33	31	32	249.39	914.46
31	34	32	33	267.74	966.59
32	35	33	34	227	750.78
33	36	34	35	237.27	1071.13
34	37	35	36	240.79	774.67
35	38	36	37	254.13	1088.02
36	39	37	38	256.24	1068.18
37	40	38	39	211.29	896.77
38	41	39	40	271.18	1495.15
39	42	40	41	207.47	1363.35
40	43	41	42	345.63	1894.61
41	44	42	43	649.57	4787.23
42	45	43	44	337.17	2363.91
43	46	44	45	342.06	1981.87
44	47	45	46	335.77	2505.98
45	48	46	47	365.21	2680.58

1	7	3	5	277.51	317.88
2	8	4	6	366.56	610.96
3	9	5	7	226.33	436.68
4	10	6	8	518.23	1825.84
5	11	7	9	202.93	375.02
6	12	8	10	371.29	329.76
7	13	9	11	334.31	475.27
8	14	10	12	458.87	1903.1
9	15	11	13	352.04	805.71
10	16	12	14	419.55	849.06
11	17	13	15	190.37	461.92
12	18	14	16	340.93	826.68
13	19	15	17	350.21	734.61
14	20	16	18	358.97	840.79
15	21	17	19	377.54	931.49
16	22	18	20	336.13	788.12
17	23	19	21	333.94	780.03
18	24	20	22	341.06	690.34
19	25	21	23	341.02	740.6
20	26	22	24	334.73	733.34
21	27	23	25	333.41	636.36
22	28	24	26	260.69	446.35
23	29	25	27	663.05	1300.81
24	30	26	28	681.28	1208.35
25	31	27	29	220.71	378.56
26	32	28	30	202.34	345.6
27	33	29	31	231.79	383.39
28	34	30	32	262.87	415.43
29	35	31	33	221.44	325.86
30	36	32	34	267.89	392.08
31	37	33	35	286.37	493.83



32	38	34	36	264.67	424.03
33	39	35	37	237.69	366.83
34	40	36	38	703.38	1212.06
35	41	37	39	231.04	414.28
36	42	38	40	207.25	450.7
37	43	39	41	340.26	722.16
38	44	40	42	688.16	1329.4
39	45	41	43	678.51	1493.5
40	46	42	44	633.28	1770.42
41	47	43	45	691.88	1564.66
42	48	44	46	365.51	812.42
1	10	4	7	509.74	606.83
2	11	5	8	194.81	387.03
3	12	6	9	381.53	348.94
4	13	7	10	709.51	603.02
5	14	8	11	339.39	202.66
6	15	9	12	352.98	338.27
7	16	10	13	337.87	379.07
8	17	11	14	522.68	856.05
9	18	12	15	340.57	454.13
10	19	13	16	401.08	432
11	20	14	17	177.43	202.09
12	21	15	18	318.59	309.54
13	22	16	19	608.49	678.6
14	23	17	20	349.32	384.04
15	24	18	21	355.96	443.27
16	25	19	22	340.55	382.62
17	26	20	23	332.49	372.42
18	27	21	24	334.2	356.19
19	28	22	25	334.02	342.37
20	29	23	26	332.04	337.72

21	30	24	27	333.2	314.14
22	31	25	28	263.69	252.79
23	32	26	29	674.81	650.45
24	33	27	30	625.95	632.43
25	34	28	31	681.02	659.75
26	35	29	32	687.59	637.59
27	36	30	33	247.68	223.71
28	37	31	34	281.37	245.76
29	38	32	35	256.88	248.48
30	39	33	36	268.76	257.81
31	40	34	37	228.92	232.73
32	41	35	38	239.04	225.87
33	42	36	39	691.1	693.13
34	43	37	40	341.06	347.03
35	44	38	41	616.84	645.12
36	45	39	42	673.75	717.95
37	46	40	43	209.63	239.45
38	47	41	44	211.83	249.64
39	48	42	45	355.95	426.17
1	13	5	9	717.64	677.18
2	14	6	10	338.65	189.88
3	15	7	11	340.78	202.8
4	16	8	12	334.32	158.47
5	17	9	13	206.35	112.01
6	18	10	14	341.68	278.78
7	19	11	15	339.91	269
8	20	12	16	491.03	441.38
9	21	13	17	341.83	247.92
10	22	14	18	470.77	310.59
11	23	15	19	180.9	113.03
12	24	16	20	329.56	223.19

13	25	17	21	336.16	243.71
14	26	18	22	346.1	244.86
15	27	19	23	344.15	263.46
16	28	20	24	333.51	248.78
17	29	21	25	620.82	409.58
18	30	22	26	334.27	228.03
19	31	23	27	334.93	220.11
20	32	24	28	332.48	206.07
21	33	25	29	335.17	229.17
22	34	26	30	222.77	141.58
23	35	27	31	652.64	410.74
24	36	28	32	651.97	433.45
25	37	29	33	201.8	125.99
26	38	30	34	220.14	135.74
27	39	31	35	248.16	164.96
28	40	32	36	226	144.15
29	41	33	37	232.55	152.56
30	42	34	38	214.52	150.6
31	43	35	39	338.21	209.83
32	44	36	40	628.39	417.45
33	45	37	41	637.78	445
34	46	38	42	694.34	444.91
35	47	39	43	657.86	482.73
36	48	40	44	356.29	268.14
1	16	6	11	335.26	146.29
2	17	7	12	211.03	102.39
3	18	8	13	334.72	126.05
4	19	9	14	336.49	143.98
5	20	10	15	622.77	296.89
6	21	11	16	342.1	186.24
7	22	12	17	219.23	109.17

8	23	13	18	532.36	315.76
9	24	14	19	335.34	172.04
10	25	15	20	446.28	205.81
11	26	16	21	180.4	90.98
12	27	17	22	343.14	171.21
13	28	18	23	673.67	355.16
14	29	19	24	344.5	187.09
15	30	20	25	344.09	185.03
16	31	21	26	334.58	168.41
17	32	22	27	628.93	318.33
18	33	23	28	337.97	164.38
19	34	24	29	339.63	163.43
20	35	25	30	335.03	161.08
21	36	26	31	335.33	161.06
22	37	27	32	237.08	111.38
23	38	28	33	207.4	96.82
24	39	29	34	651.57	308.16
25	40	30	35	612.59	293.82
26	41	31	36	202.09	94.64
27	42	32	37	711.31	341.86
28	43	33	38	337.06	160.45
29	44	34	39	616.45	291.05
30	45	35	40	690.02	330.39
31	46	36	41	226.98	114.15
32	47	37	42	671.75	331.45
33	48	38	43	360.77	184.09
1	19	7	13	337.4	129.26
2	20	8	14	633.21	189.68
3	21	9	15	334.52	114.71
4	22	10	16	277.07	97.88
5	23	11	17	221.77	74.14

6	24	12	18	336.56	134.36
7	25	13	19	667.92	258.76
8	26	14	20	515.83	241.94
9	27	15	21	676.05	268.61
10	28	16	22	480.01	184.34
11	29	17	23	180.97	72.48
12	30	18	24	335.63	143.06
13	31	19	25	679.33	278.03
14	32	20	26	344.95	144.15
15	33	21	27	349.14	143.88
16	34	22	28	338.76	136.76
17	35	23	29	611.16	237.26
18	36	24	30	336.58	126.76
19	37	25	31	337.99	131.66
20	38	26	32	331.63	123.07
21	39	27	33	335.73	125.9
22	40	28	34	689.82	247.49
23	41	29	35	676	249.08
24	42	30	36	334.8	124.14
25	43	31	37	340.81	121.81
26	44	32	38	333.32	121.76
27	45	33	39	653.12	237.59
28	46	34	40	223.54	83.99
29	47	35	41	659.1	249.26
30	48	36	42	353.96	138.16
1	22	8	15	282.39	73.27
2	23	9	16	227.64	61.98
3	24	10	17	209.22	59.1
4	25	11	18	226.98	65.27
5	26	12	19	232.91	64.26
6	27	13	20	689.5	232.38

7	28	14	21	254.76	83.15
8	29	15	22	451.03	162.08
9	30	16	23	202.35	70.03
10	31	17	24	476.75	162.99
11	32	18	25	178.77	61.26
12	33	19	26	316.2	110.76
13	34	20	27	335.36	116.59
14	35	21	28	345.13	113.07
15	36	22	29	345.73	120.57
16	37	23	30	336.42	110.98
17	38	24	31	679.75	212.82
18	39	25	32	335.76	107.75
19	40	26	33	342.39	104.79
20	41	27	34	332.84	97.83
21	42	28	35	339.09	104.52
22	43	29	36	334.83	95.85
23	44	30	37	332.63	95.14
24	45	31	38	333.03	99.89
25	46	32	39	328.77	94.63
26	47	33	40	329.1	100.03
27	48	34	41	350.84	111.83
1	25	9	17	229.77	54.21
2	26	10	18	238.88	58.44
3	27	11	19	298.89	74.85
4	28	12	20	335.66	83.93
5	29	13	21	274.6	69
6	30	14	22	208.9	61.79
7	31	15	23	258.05	72.71
8	32	16	24	451.6	151.63
9	33	17	25	652.38	198.51
10	34	18	26	449.7	135.62

11	35	19	27	175.23	51.95
12	36	20	28	306.98	91.75
13	37	21	29	630.97	182.88
14	38	22	30	342.97	99.5
15	39	23	31	347.15	100.91
16	40	24	32	341.91	92.75
17	41	25	33	632.65	168.52
18	42	26	34	340.92	86.82
19	43	27	35	362.22	92.22
20	44	28	36	340.42	83.2
21	45	29	37	342.25	84.61
22	46	30	38	687.09	165.97
23	47	31	39	332.55	81.13
24	48	32	40	381.99	98.51
1	28	10	19	233.72	63.38
2	29	11	20	299.49	81.32
3	30	12	21	350.99	98.55
4	31	13	22	273.09	76.45
5	32	14	23	316.3	89.61
6	33	15	24	219.34	70.75
7	34	16	25	221.52	70.24
8	35	17	26	527.52	187.94
9	36	18	27	654.97	220.37
10	37	19	28	443.01	139.61
11	38	20	29	173.77	56.72
12	39	21	30	294.72	94.66
13	40	22	31	663.18	209.12
14	41	23	32	345.32	108.11
15	42	24	33	355.67	106.9
16	43	25	34	338.8	98.22
17	44	26	35	334.39	97.7

18	45	27	36	355.27	97.12
19	46	28	37	347.99	93.89
20	47	29	38	339.39	92.47
21	48	30	39	340.54	91.06
1	31	11	21	349.74	73.72
2	32	12	22	290.49	60.99
3	33	13	23	277.44	59.61
4	34	14	24	270.18	60.49
5	35	15	25	267.91	55.93
6	36	16	26	200.56	50.17
7	37	17	27	232.47	56.26
8	38	18	28	449.26	119.34
9	39	19	29	693.16	171.86
10	40	20	30	424.41	100.17
11	41	21	31	170.79	39.12
12	42	22	32	273.39	62.88
13	43	23	33	349.91	76.23
14	44	24	34	356.88	73.01
15	45	25	35	361.23	77.29
16	46	26	36	341.85	68.12
17	47	27	37	334.48	66.11
18	48	28	38	515.18	101.26
1	34	12	23	274.81	54.97
2	35	13	24	277.51	56.88
3	36	14	25	307.18	62.33
4	37	15	26	297.44	60.36
5	38	16	27	330.24	67.75
6	39	17	28	705.5	160.3
7	40	18	29	681.82	152.61
8	41	19	30	494.3	116.32
9	42	20	31	334.41	73.79



10	43	21	32	376.64	76.92
11	44	22	33	161.9	33.3
12	45	23	34	259.56	51.85
13	46	24	35	337.23	64.43
14	47	25	36	352.75	66.47
15	48	26	37	462.29	85.71
1	37	13	25	303.7	58.22
2	38	14	26	346.14	68.56
3	39	15	27	308.27	59.64
4	40	16	28	233.83	45.15
5	41	17	29	289.58	55.69
6	42	18	30	336.01	70.86
7	43	19	31	340.13	68.53
8	44	20	32	510.52	106.23
9	45	21	33	334.96	64.73
10	46	22	34	415.69	77.05
11	47	23	35	162.65	29.99
12	48	24	36	217.82	39.05
1	40	14	27	237.31	43.95
2	41	15	28	301.34	54.15
3	42	16	29	239.33	44.18
4	43	17	30	337.95	61.74
5	44	18	31	202.5	36.07
6	45	19	32	337.02	64.52
7	46	20	33	688.85	125.74
8	47	21	34	526.34	97.76
9	48	22	35	385.74	70.32
1	43	15	29	334.41	57.23
2	44	16	30	207.3	36.46
3	45	17	31	216.99	37.29
4	46	18	32	234.87	39.9

5	47	19	33	223.13	37.28
6	48	20	34	386.19	67.99
1	46	16	31	238.39	39.93
2	47	17	32	229.61	37.56
3	48	18	33	356.26	58.51

## LAMPIRAN 6

### Data resistivity lintasan 6

A	B	M	N	I (mA)	V (mV)
1	4	2	3	477.07	850.23
2	5	3	4	493.22	857.3
3	6	4	5	538.07	932.07
4	7	5	6	456.93	789.88
5	8	6	7	551.94	1059.73
6	9	7	8	387.71	834.6
7	10	8	9	361.41	843.43
8	11	9	10	431.88	1365.7
9	12	10	11	217.08	319.58
10	13	11	12	308.05	1532.1
11	14	12	13	305.08	300.5
12	15	13	14	206.63	803.67
13	16	14	15	343.52	1180.83
14	17	15	16	215.55	612.22
15	18	16	17	211.63	858.13
16	19	17	18	342.62	1503.45
17	20	18	19	204.21	951.46
18	21	19	20	235.83	1032.62
19	22	20	21	287.26	1390.93
20	23	21	22	281.7	1506.03
21	24	22	23	214.9	1158.7
22	25	23	24	225.13	1120.79
23	26	24	25	212.42	1114.9

24	27	25	26	220.05	821.39
25	28	26	27	256.82	957.39
26	29	27	28	236.54	746.61
27	30	28	29	469.24	1509.27
28	31	29	30	472.28	1347.96
29	32	30	31	362.81	1022.56
30	33	31	32	518.85	1455.44
31	34	32	33	545.2	1617.34
32	35	33	34	349.71	945.05
33	36	34	35	452.41	1366.76
34	37	35	36	554.6	1434.47
35	38	36	37	443.75	1101.32
36	39	37	38	436.97	1077.33
37	40	38	39	457.65	1135.18
38	41	39	40	271.7	622.09
39	42	40	41	402.84	1082.15
40	43	41	42	221.69	650.65
41	44	42	43	348.83	1214
42	45	43	44	339.79	1793.17
43	46	44	45	344.42	1792.78
44	47	45	46	351.42	2023.13
45	48	46	47	345.6	2099.46
1	7	3	5	457.49	460.76
2	8	4	6	563.37	584.53
3	9	5	7	364.95	412.04
4	10	6	8	369.06	398.32
5	11	7	9	383.82	440.7
6	12	8	10	266.93	242.91
7	13	9	11	362.74	349.78
8	14	10	12	398.26	591.38
9	15	11	13	268.11	383.11

10	16	12	14	337.04	440.2
11	17	13	15	221.1	383.21
12	18	14	16	633.86	894.71
13	19	15	17	308.28	392.92
14	20	16	18	271.07	550.98
15	21	17	19	291.05	801.16
16	22	18	20	312.19	715
17	23	19	21	216.59	473.54
18	24	20	22	339.55	780.24
19	25	21	23	235.58	513.67
20	26	22	24	697.44	1531.77
21	27	23	25	364.87	828.54
22	28	24	26	314.57	704.83
23	29	25	27	370.7	710.85
24	30	26	28	239.29	448.98
25	31	27	29	285.5	485.26
26	32	28	30	200.9	325.08
27	33	29	31	420.31	650.41
28	34	30	32	439.11	735.4
29	35	31	33	448.3	758.76
30	36	32	34	497.64	797.58
31	37	33	35	590.6	930.37
32	38	34	36	352.26	549.25
33	39	35	37	443.39	628.29
34	40	36	38	420.24	596.57
35	41	37	39	265.26	399.56
36	42	38	40	402.52	564.34
37	43	39	41	248.56	371.4
38	44	40	42	341.86	519.18
39	45	41	43	339.49	577.75
40	46	42	44	336.38	744.42

41	47	43	45	336.66	787.86
42	48	44	46	223.53	490.03
1	10	4	7	369.93	267.42
2	11	5	8	391.3	298.57
3	12	6	9	256.45	158.54
4	13	7	10	372.79	265.5
5	14	8	11	359.16	234.98
6	15	9	12	348.32	351.21
7	16	10	13	405.64	390.1
8	17	11	14	264.92	332.76
9	18	12	15	218.75	192.97
10	19	13	16	303.49	237.11
11	20	14	17	282.55	198.71
12	21	15	18	229.84	238.2
13	22	16	19	285.28	369.12
14	23	17	20	297.56	461.09
15	24	18	21	674.31	962.99
16	25	19	22	252.3	271.29
17	26	20	23	339.99	363.7
18	27	21	24	239.88	281
19	28	22	25	340.02	444.2
20	29	23	26	326.03	432.47
21	30	24	27	431.5	577.26
22	31	25	28	362.41	423.64
23	32	26	29	297.86	339.09
24	33	27	30	225.19	229.91
25	34	28	31	272.22	268.9
26	35	29	32	223.53	216.62
27	36	30	33	408.76	437
28	37	31	34	470.22	512.8
29	38	32	35	455.37	514.71

30	39	33	36	490.5	503.86
31	40	34	37	442.75	438.26
32	41	35	38	228.9	218.19
33	42	36	39	410.07	403.95
34	43	37	40	236.67	238.23
35	44	38	41	342.33	346.78
36	45	39	42	339.73	334.32
37	46	40	43	636.79	679.21
38	47	41	44	203.57	249.97
39	48	42	45	231.53	306.14
1	13	5	9	374.64	187.75
2	14	6	10	366.44	194.76
3	15	7	11	331.21	169.55
4	16	8	12	417.51	332.22
5	17	9	13	245.18	185.83
6	18	10	14	268.75	213.9
7	19	11	15	358.46	273.32
8	20	12	16	360.84	177.03
9	21	13	17	314.18	177.39
10	22	14	18	281.17	176.24
11	23	15	19	312.27	217.76
12	24	16	20	340.14	305.21
13	25	17	21	233.13	192.23
14	26	18	22	715.11	612.2
15	27	19	23	304.03	230.67
16	28	20	24	381.23	279.69
17	29	21	25	242.3	186.68
18	30	22	26	265.81	223.15
19	31	23	27	396.39	366.81
20	32	24	28	267.17	237.03
21	33	25	29	392.18	303.71

22	34	26	30	344.07	255.02
23	35	27	31	355.85	239.76
24	36	28	32	219.78	151.46
25	37	29	33	283.76	204.38
26	38	30	34	223.2	164.47
27	39	31	35	404.27	320.48
28	40	32	36	370.98	296.62
29	41	33	37	268.43	204.3
30	42	34	38	450.95	342.55
31	43	35	39	243.14	177.75
32	44	36	40	345.23	236.46
33	45	37	41	339.66	241.19
34	46	38	42	335.27	233.05
35	47	39	43	708.99	510.78
36	48	40	44	231.23	194.23
1	16	6	11	420.06	183.72
2	17	7	12	247.35	154.08
3	18	8	13	256.39	145.31
4	19	9	14	367.39	211.51
5	20	10	15	327.21	177.66
6	21	11	16	431.1	223.33
7	22	12	17	328.39	131.22
8	23	13	18	412.95	198.75
9	24	14	19	699.32	342.9
10	25	15	20	229.54	108.97
11	26	16	21	731.43	362.34
12	27	17	22	237.09	148.4
13	28	18	23	342.51	197.49
14	29	19	24	354.84	206.93
15	30	20	25	348.66	210.26
16	31	21	26	454.7	264.72

17	32	22	27	207.7	126.89
18	33	23	28	249.8	157.73
19	34	24	29	374.91	236.43
20	35	25	30	313.6	172.39
21	36	26	31	382.44	201.32
22	37	27	32	364.49	188.39
23	38	28	33	361.22	191.94
24	39	29	34	217.62	117.98
25	40	30	35	242.84	142.8
26	41	31	36	339.22	201.48
27	42	32	37	376.96	229.91
28	43	33	38	219.22	134.04
29	44	34	39	341.79	200.82
30	45	35	40	337.7	179.93
31	46	36	41	625.51	321.97
32	47	37	42	642.05	327.45
33	48	38	43	233.65	124.92
1	19	7	13	368.28	157.31
2	20	8	14	332.22	151.35
3	21	9	15	402.66	183.81
4	22	10	16	336.23	136.42
5	23	11	17	370.76	153.59
6	24	12	18	233.67	81.32
7	25	13	19	258.64	97.75
8	26	14	20	237.8	85.61
9	27	15	21	330.86	120.13
10	28	16	22	336.51	136.04
11	29	17	23	376.75	155.25
12	30	18	24	263.14	130.34
13	31	19	25	401.38	184.09
14	32	20	26	286.87	137.95



15	33	21	27	322.65	158.21
16	34	22	28	427.91	201.18
17	35	23	29	235.48	107.91
18	36	24	30	245.4	110.62
19	37	25	31	398.82	171.48
20	38	26	32	316.8	134.73
21	39	27	33	379.01	159.64
22	40	28	34	301.7	129.62
23	41	29	35	231.42	104.11
24	42	30	36	208.52	97.91
25	43	31	37	339.15	164.22
26	44	32	38	356.79	168.18
27	45	33	39	339.43	157.24
28	46	34	40	335.54	149.78
29	47	35	41	711.46	298.81
30	48	36	42	245.19	100.73
1	22	8	15	337.01	127.12
2	23	9	16	378.25	133.39
3	24	10	17	224.45	74.03
4	25	11	18	262.47	89.92
5	26	12	19	221.07	64.6
6	27	13	20	460.93	140.09
7	28	14	21	408.15	121.85
8	29	15	22	534.39	161.95
9	30	16	23	384.26	129.9
10	31	17	24	393.01	144.84
11	32	18	25	300.54	108.85
12	33	19	26	248.19	97.39
13	34	20	27	385.94	149.55
14	35	21	28	342.87	135.52
15	36	22	29	317.22	124.5

16	37	23	30	460.29	169.99
17	38	24	31	235.34	82.64
18	39	25	32	244.31	84.24
19	40	26	33	325.27	118.55
20	41	27	34	212.74	76.28
21	42	28	35	355.08	133.28
22	43	29	36	688.65	260.97
23	44	30	37	346.37	129.14
24	45	31	38	354.3	134.06
25	46	32	39	343.4	129.62
26	47	33	40	340.36	121.36
27	48	34	41	221	80.13
1	25	9	17	261.82	75.15
2	26	10	18	222.11	63.9
3	27	11	19	429.03	129.68
4	28	12	20	419.43	105.98
5	29	13	21	467.19	124.63
6	30	14	22	572.28	150.46
7	31	15	23	495.38	135.7
8	32	16	24	393.89	117.51
9	33	17	25	353.2	110.82
10	34	18	26	369.69	115.81
11	35	19	27	363.01	108.23
12	36	20	28	243.95	81.65
13	37	21	29	416.19	135.6
14	38	22	30	347.88	114.39
15	39	23	31	314.43	101.03
16	40	24	32	364.88	110.95
17	41	25	33	622.46	185.81
18	42	26	34	233.58	73
19	43	27	35	711.94	230.96

20	44	28	36	262.22	82.66
----	----	----	----	--------	-------



LAMPIRAN 7  
Dokumentasi







## **BIOGRAFI PENULIS**



Moh. Iqbal Helmi, nama yang belum pernah berubah sejak diberikan oleh orang tua penulis hingga sekarang. Lahir di Sidoarjo, 21 Mei 1998. Selama menjalani masa Pendidikan, penulis memiliki beberapa hobi yang telah ditekuni dari pendidikan dasar hingga sekarang yaitu Catur. Dari hobi yang telah ditekuninya, penulis memiliki beberapa prestasi. Selain itu, menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS banyak pengalaman baru yang telah penulis dapatkan, baik secara softskill ataupun hardskill. Dan beberapa diantaranya yaitu menjadi

Staf Departemen Dalam Negeri (DAGRI) untuk Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG) ITS periode 2017/2018, Kepala Divisi Internal Departemen Dalam Negeri (DAGRI) HMTG ITS periode 2018/2019. Beberapa pelatihan yang pernah diikuti penulis yaitu program pelatihan karya tulis ilmiah HMTG ITS, Leadership Organization of Training (LOT), dan Basic Media Schooling HMTG ITS. Adapun jika pembaca ingin berdiskusi mengenai materi yang penulis sampaikan bisa hubungi penulis melalui email [iqbalhelmi2105@gmail.com](mailto:iqbalhelmi2105@gmail.com) atau melalui nomor telepon 088803513428.