

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Koordinat Titik Pengukuran Audio Magnetotellurik (AMT)

Pengukuran audio magnetotellurik (AMT) dilakukan pada 13 titik yang berarah dari timur ke barat. Titik pengukuran pertama diberi nama G16 yang berlokasi disekitar Desa Leuwigoong Kabupaten Garut, sedangkan titik pengukuran terakhir diberi nama G28 yang berlokasi disekitar Desa Maruyung Kabupaten Garut. Informasi mengenai koordinat dan elevasi titik pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Koordinat dan Elevasi Titik Pengukuran**

<b>Nama Titik Pengukuran</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Elevasi (m)</b>
G16	-7 <sup>0</sup> 06' 17.8000"	107 <sup>0</sup> 57' 40.7767"	629
G17	-7 <sup>0</sup> 06' 07.3000"	107 <sup>0</sup> 56' 46.5767"	665
G18	-7 <sup>0</sup> 05' 58.8000"	107 <sup>0</sup> 55' 38.2767"	705
G19	-7 <sup>0</sup> 05' 48.0000"	107 <sup>0</sup> 54' 25.4767"	709
G20	-7 <sup>0</sup> 06' 17.8000"	107 <sup>0</sup> 53' 17.0767"	796
G21	-7 <sup>0</sup> 06' 28.6000"	107 <sup>0</sup> 52' 17.3767"	943
G22	-7 <sup>0</sup> 06' 36.1000"	107 <sup>0</sup> 51' 04.5087"	1194
G23	-7 <sup>0</sup> 06' 12.5999"	107 <sup>0</sup> 49' 41.5767"	1275
G24	-7 <sup>0</sup> 06' 01.6999"	107 <sup>0</sup> 48' 52.1767"	1295
G25	-7 <sup>0</sup> 05' 40.2999"	107 <sup>0</sup> 48' 10.3087"	1210
G26	-7 <sup>0</sup> 06' 21.9999"	107 <sup>0</sup> 47' 03.2767"	1116
G27	-7 <sup>0</sup> 06' 22.2999"	107 <sup>0</sup> 45' 43.7767"	957
G28	-7 <sup>0</sup> 05' 54.3999"	107 <sup>0</sup> 45' 15.7767"	868

## B. Akuisisi Data AMT

Peralatan yang digunakan untuk akuisisi terdiri dari satu buah MTU-5A (5-channel system) produksi Phoenix Geophysics, 3 buah sensor koil induksi magnetik, 6 buah sensor medan listrik (*porouspot*), 1 buah laptop untuk memonitor data, GPS, kabel-kabel. Sebelum melakukan akuisisi, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi sistem MTU-5A box dan ketiga koil magnetik. Kalibrasi dilakukan dalam kondisi sensor magnetik belum ditanam ke dalam tanah.

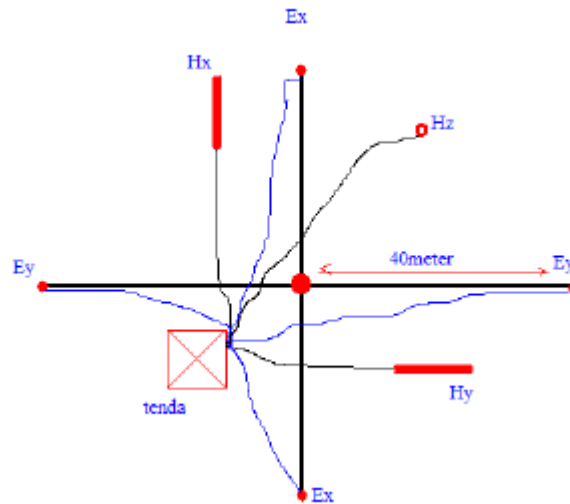


**Gambar 3.1 Peralatan MT type MTU 5A buatan Phoenix Geophysics, Ltd  
Canada**

(Sumber: <http://www.phoenix-geophysics.com>)

Pada titik pusat pengukuran ditentukan empat titik dan dibuat garis semu dengan memakai patok pada tiap-tiap titik (Gambar 2.5). Garis semu tersebut membagi daerah pengukuran menjadi empat kuadran, dimana sumbu x berimpit dengan arah utara dan selatan; sumbu y berimpit dengan arah barat dan timur. Jika kondisi daerah pengukuran merupakan kondisi ideal untuk struktur 2-dimensi

(2-D), maka *porouspot*  $E_y$  dan *coil*  $H_y$  sebaiknya diarahkan tegak lurus struktur, sedangkan *porouspot*  $E_x$  dan *coil*  $H_x$  disejajarkan dengan struktur.



**Gambar 3.2 Sketsa Instalasi Sensor-sensor Pengukuran MT di Lapangan**

(Sumber: Widarto, Djedi S. 2008)

#### 1. Pemasangan Sensor Medan Listrik

Pemasangan sensor medan listrik yaitu dengan menanam 4 buah *porouspot* di titik utara, selatan, barat dan timur dari titik pengukuran. Jarak antar tiap *porouspot* dari timur ke barat dan dari utara ke selatan biasanya adalah 80-100 meter tergantung kepada kondisi topografi daerah setempat. Penanaman *porouspot* dilakukan dengan menggali lubang sedalam kurang lebih 30 cm. *Porouspot* yang digunakan sebagai sensor medan listrik ini terbuat dari bahan Pb-PbCl<sub>2</sub>.



**Gambar 3.3 Sensor Medan Listrik Berupa *Porospot***

(Sumber: <http://www.phoenix-geophysics.com/products/sensors>)

## 2. Pemasangan Sensor Magnetik

Sensor medan magnetik berupa koil induksi magnetik ditanam pada kuadran yang berbeda. Susunan letak sensor magnetik ( $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ ) pada masing-masing kuadran ditunjukkan oleh gambar 2.5. Koil induksi magnetik ini mempunyai panjang 120-150 cm.

Kuadran I terletak pada sumbu garis semu yang berarah timur dan utara. Kuadran II terletak diantara arah barat dan selatan. Kuadran III terletak diantara arah selatan dan timur. Pemasangan koil magnetik harus dilakukan secara hati-hati, karena koil ini sensitif terhadap cuaca, suhu, tekanan, dan benturan. Penanaman koil  $H_x$  umumnya ditanam pada kuadran II dengan posisi horizontal dan bagian yang tersambung dengan kabel menghadap ke selatan. Koil ini ditanam sedalam 30-50 cm, dan posisi koil harus tepat horizontal dengan arah utara-selatan.

Hal yang sama dilakukan pada koil  $H_y$  dan  $H_z$  tetapi berbeda kuadrannya. Koil  $H_y$  berada pada kuadran IV dengan bagian yang tersambung kabel

menghadap ke barat. Sedangkan untuk koil  $H_z$  sedikit berbeda dengan koil yang lainnya, karena koil ini mengukur komponen vertikal. Koil  $H_z$  ditanam dengan posisi vertikal pada kuadran I dengan posisi bagian yang tersambung kabel berada di permukaan.

### 3. Pengaturan Konfigurasi Alat

Setelah instalasi alat selesai, seluruh kabel (sensor magnetik dan sensor medan listrik) dan GPS disambungkan dengan MTU box dan laptop. Pengisian parameter data, konfigurasi sistem dan monitoring data selama akuisisi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MTU Host Software produk Phoenix Geophysics.

### C. Tahapan Pengolahan Data AMT

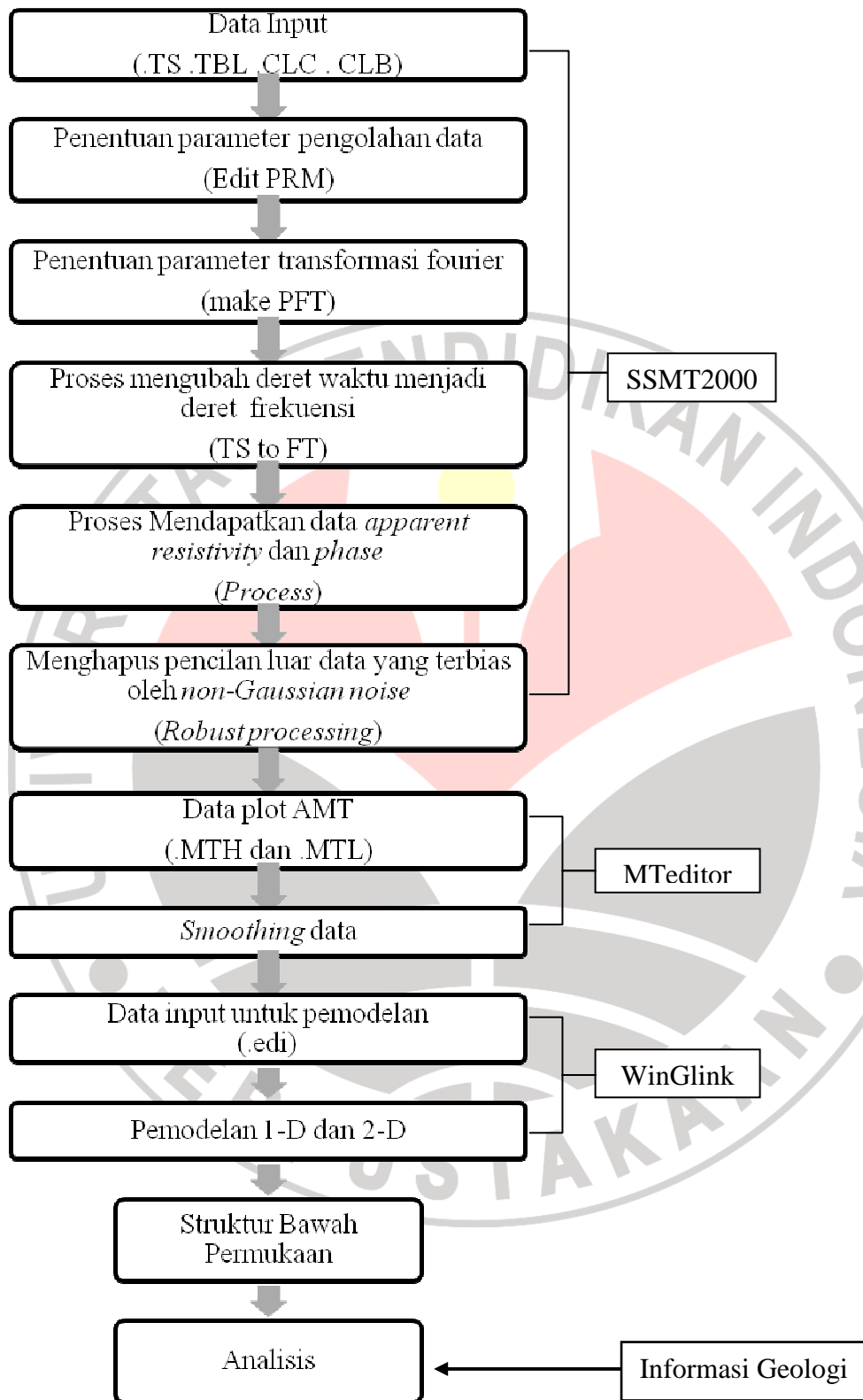
Data AMT yang diperoleh dari akuisisi di lapangan berupa deret waktu (*time series*). Data lapangan dalam deret waktu (*time series*) diubah menjadi data dalam domain frekuensi (*frequency domain*) dengan menggunakan program SSMT2000. Data *input* awal yang diperlukan adalah data kalibrasi alat (.CLB), data kalibrasi sensor (.CLC), data lapangan (.TS), dan data parameter tempat pengukuran (.TBL). Kemudian dilanjutkan dengan penentuan parameter pengolahan data (*edit PRM*) dan penentuan parameter yang akan digunakan dalam proses mengubah deret waktu menjadi deret frekuensi (*make PFT*). Setelah parameter-parameter pengolahan data ditentukan, selanjutnya proses perubahan deret waktu menjadi deret frekuensi (*TS to FT*). Kemudian pada tahap (*process*)

akan menghasilkan *apparent resistivity* dan *apparent phase*. Selanjutnya dilakukan proses pengurangan bising (*reducing noise*) dengan menggunakan teknik *robust processing*.

*Robust processing* adalah teknik pemrosesan data berbasis statistika yang memanfaatkan pembobotan ulang (*iterative weighting of residual*). Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi dan menghapus pencilan luar (*outliers*) data yang terbias oleh *non-Gaussian noise*. Hasil pengolahan data dengan menggunakan SSMT2000 adalah data *output* pada frekuensi tinggi (.MTH) dan data *output* pada frekuensi rendah (.MTL). Data *output* ini selanjutnya akan digunakan sebagai *input* pada program MTeditor.

Program MTeditor bertujuan untuk memperbaiki kualitas data dengan cara *smoothing* pada data *apparent resistivity magnitude* dan data *apparent resistivity phase*. Proses *smoothing* dilakukan dengan cara manual, yaitu mengeliminasi titik-titik yang terdapat di kurva *partial apparent resistivity magnitude* dan *partial apparent resistivity phase*.

Setelah data berubah menjadi lebih halus, file hasil dari MTeditor ini disimpan dalam bentuk file yang berekstensi .mpk untuk selanjutnya di *export* ke file dengan ekstensi .ledi sebagai data input untuk pemodelan 1-dimensi (1-D) dan 2-dimensi (2-D) dengan menggunakan program Winglink. Diagram alur pengolahan data MT dapat dilihat pada gambar 3.4.



**Gambar 3.4 Diagram Alur Pengolahan Data AMT**



#### D. Metode Inversi

Pemodelan pada data geofisika memiliki fungsi untuk menentukan sifat-sifat batuan di bawah permukaan bumi berdasarkan data yang terukur di permukaan bumi. Salah satunya dengan mengukur medan elektromagnetik alam yang dipancarkan oleh bumi. Kemudian struktur bawah permukaan bumi dapat ditentukan berdasarkan respon perubahan medan secara spasial (jarak) dan frekuensinya.

Pemodelan data geofisika terbagi menjadi dua, yaitu: pemodelan kedepan (*forward modelling*) dan pemodelan inversi (*inverse modelling*). *Forward modelling* digunakan untuk memprediksi data hasil pengukuran berdasarkan parameter fisis/ model yang sudah diketahui. Sedangkan *inverse modelling* digunakan untuk memperoleh parameter model dari data yang telah diperoleh di lapangan. Pemodelan inversi merupakan pengembangan dari pemodelan kedepan, yaitu dengan melakukan looping terhadap pemodelan kedepan sehingga diperoleh data teoritis yang memiliki *error* paling kecil terhadap data lapangan.

Metode Inversi digunakan untuk mendapatkan parameter model dengan memilih respon yang paling cocok dengan data yang diperoleh dari hasil pengamatan. Kecocokan tersebut dapat dilihat dari selisih data teoritis ( $d^{cal}$ ) dengan data hasil pengukuran di lapangan ( $d^{obs}$ ). Data teoritis ( $d^{cal}$ ) diperoleh melalui teknik *forward modeling* dengan parameter model estimasi sebagai masukan.

Proses komputasi pemodelan inversi dilakukan secara berulang, kemudian proses pengulangan tersebut akan berhenti apabila tiga kriteria berikut ini tercapai.



Pertama, jumlah iterasi yang kita tentukan sudah tercapai. Kedua, jika perbedaan kesalahan perhitungan dari proses iterasi yang satu ke iterasi selanjutnya kurang dari 0,01%. Ketiga, apabila *chi-squared* memiliki nilai berkisar 1.

#### **E. Pemodelan Data AMT**

Interpretasi kualitatif data audio magnetotellurik didasarkan pada penampang tahanan-jenis semu (*pseudo section*), peta tahanan-jenis semu pada beberapa periode, peta total *conductance*, diagram polar, dan vektor induksi. Sedangkan interpretasi secara kuantitatif didasarkan pada hasil pemodelan 1-D dan 2-D. Pemodelan 1-D dan 2-D diperoleh dengan data masukan berupa impedansi TE-mode, impedansi TM-mode dan impedansi invarian. Pemodelan bertujuan untuk mengekstrak informasi yang terkandung di dalam data sehingga diperoleh distribusi tahanan-jenis bawah permukaan melalui model-model.

##### **1. Pemodelan 1-D**

Model 1-D merupakan model yang sederhana, dalam hal ini tahanan-jenis hanya bervariasi terhadap kedalaman. Parameter dalam model 1-D adalah tahanan-jenis dan ketebalan tiap lapisan. Model 1-D direpresentasikan oleh model berlapis horisontal, yaitu model yang terdiri dari beberapa lapisan dimana tahanan-jenis pada setiap lapisannya adalah homogen. Hubungan antara data dan parameter model secara umum dapat dinyatakan oleh:

$$d = F(m) \tag{3.1}$$

dengan  $d$  adalah vektor data,  $m$  adalah vektor model dan  $F(m)$  adalah fungsi umum dari *forward modeling* yang diperoleh dengan metode *finite difference*.

Solusi model yang meminimumkan fungsi objektif  $\psi$  dapat diperoleh dengan menggunakan algoritma yang dilakukan Newton, yaitu:

$$\psi(m) = (d - F(m))^T V^{-1} (d - F(m)) \quad (3.2)$$

dimana  $V$  merupakan matriks pembobot. Penerapan metode Newton pada persamaan (3.2) memberikan solusi:

$$m_{n+1} = m_n - [J_n^T J_n + H_n^T (F(m) - d)]^{-1} J_n^T (F(m) - d) \quad (3.3)$$

dimana  $m_{n+1}$  adalah model pada iterasi ke- $n$ ,  $J$  adalah matriks Jacobian yaitu turunan pertama  $\psi$  terhadap  $m$  sedangkan  $H$  adalah matriks Hessian yaitu turunan kedua  $\psi$  terhadap  $m$ .

## 2. Pemodelan 2-D

Parameter model 2-D adalah nilai tahanan jenis dari tiap blok yang berdimensi lateral ( $x$ ) dan dimensi vertikal ( $z$ ). Hubungan antara data dengan parameter model dapat dinyatakan oleh persamaan (3.1).

Algoritma *non-linear conjugate gradient* (NLCG) digunakan untuk memperoleh solusi yang meminimumkan fungsi objektif  $\psi$ , yang didefinisikan oleh:

$$\psi(m) = (d - F(m))^T V^{-1} (d - F(m)) + \varepsilon^2 m^T W_m m \quad (3.4)$$

dimana  $\varepsilon$  adalah bilangan positif sebagai bobot relatif antara kedua faktor yang diminimumkan, dan  $W$  adalah faktor *smoothness* berupa fungsi kontinyu yang dapat dinyatakan sebagai turunan pertama atau turunan kedua. Metode NLCG digunakan untuk meminimumkan persamaan (3.2) sehingga diperoleh solusi:

$$m_{n+1} = m_n - [J_n^T J_n + H_n^T (F(m) - d) + \varepsilon W_{m_n}]^{-1} J_n^T (F(m) - d) \quad (3.5)$$

Pemodelan inversi dengan algoritma NLCG yang dijelaskan oleh Rodi dan Mackie (2001) diaplikasikan pada program WinGlink.

