

**IDENTIFIKASI STRUKTUR CEKUNGAN BERDASARKAN DATA  
MAGNETOTELLURICS (MT) DENGAN DATA GAYABERAT LAPANGAN  
“NWI” DAERAH KALIMANTAN BARAT**

(Skripsi)

Oleh:

**Norman Wirawan Ito**



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

# **IDENTIFICATION OF THE CONSTRUCTION STRUCTURE BASED ON DATA MAGNETOTELLURICS (MT) WITH GAYABERAT DATA OF THE "NWI" FIELD OF WEST KALIMANTAN**

By

**Norman Wirawan Ito**

## **ABSTRAK**

This research was conducted to determine the structure of the NWI basin in the West Kalimantan region using the method of magnetotelluric and gravity. The study area has a range of anomalous values on the Complete Bouguer Anomaly map of 11.7mgal to 33.1mal on the Regional Anomaly map of 32.2mGal to 12.2mGal and in the anomalous Residual Anomaly with the value -1.2mGal to 0.8mGal. Under the top soil layer in the study area has a density value of 2.4 gr / cc and a resistivity value of 0-100 Ohm.m is estimated to be a clay stone which is estimated as a caprock with an age around tertiary at a depth of 2000 m from the surface. The low type of detainee is estimated to be a Tola formation with a direction to the south. The next layer has a value that has a density value of 2.45 gr / cc and a resistivity value of 100-1000 Ohm.m which is estimated to be sedimentary and shale, so it is known that this is a reservoir. This layer is a sedimentary formation with an age around the beginning of mezosoicum at a depth of 3000-4000 m from the surface. Under this layer it is thought to be sousrock in the study area with resistivity values > 1000 Ohm.m and a density value of 2.5 gr / cc is thought to be sandstone or shale. The results on the gravity trajectory with the SVD value 0 are interpreted that there is a graben seen on line 2 and a fault rise is applied on line 1 so that it is known that this is a migration path in the study area.

**Keywords:** *Magnetotelluric, gravity, Kalimantan West*

**IDENTIFIKASI STRUKTUR CEKUNGAN BERDASARKAN DATA  
MAGNETOTELLURICS (MT) DENGAN DATA GAYABERAT  
LAPANGAN “NWI” DAERAH KALIMANTAN BARAT**

Oleh

**Norman Wirawan Ito**

**ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui struktur pada cekungan NWI yang berada pada daerah Kalimantan barat menggunakan metode magnetotelurik dan gayaberat. Daerah penelitian memiliki rentang nilai anomali pada peta Anomali Bouguer Lengkap 11,7mGal sampai 33,1mGal pada peta Anomali Regional nilai 32,2mGal sampai 12,2mGal dan pada Anomali Residual anomali dengan nilai -1,2mGal sampai 0,8mGal. Dibawah lapisan top soil pada daerah penelitian memiliki nilai densitas 2.4 gr/cc dan nilai resistivitas 0-100 Ohm.m diperkirakan merupakan batu lempung yang diperkirakan sebagai *caprock* dengan umur sekitar tersier pada kedalaman 2000 m dari permukaan. Tahanan jenis rendah tersebut diperkirakan merupakan formasi Tola yang arah penyebarannya kearah selatan. Lapisan selanjutnya memiliki nilai emiliki nilai densitas 2.45 gr/cc dan nilai resistivitas 100-1000 Ohm.m yang diperkirakan batuan sedimen dan serpih, sehingga diketahui ini merupakan reservoir. Lapisan ini berada formasi pendawa dengan umur sekitar awal mezosoikum pada kedalaman 3000 – 4000 m dari permukaan. Dibawah lapisan ini diduga merupakan sousrock pada daerah penelitian dengan nilai resistivitas >1000 Ohm.m dan nilai densitas 2. 5 gr/cc diduga merupakan batu pasir atau serpih. Hasil pada lintasan gayaberat dengan nilai SVD 0 ditafsirkan bahwa terdapat graben dilihat pada lintasan 2 dan terdapan sesar naik pada lintasan 1 sehingga diketahui ini merupakn jalur migrasi pada daerah penelitian.

Kata Kunci : *Magnetotellurik, Gayaberat, Kalimantan Barat*

**IDENTIFIKASI STRUKTUR CEKUNGAN BERDASARKAN DATA  
MAGNETOTELLURICS (MT) DENGAN DATA GAYABERAT  
LAPANGAN “NWI” DAERAH KALIMANTAN BARAT**

Oleh

**Norman Wirawan Ito**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

**SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI STRUKTUR CEKUNGAN  
BERDASARKAN DATA  
MAGNETOTELLURICS (MT) DENGAN  
DATA GAYABERAT LAPANGAN “NWI”  
DAERAH KALIMANTAN BARAT**

Nama Mahasiswa : **Norman Wirawan Ito**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415051052

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik



Pembimbing I

Pembimbing II

**Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**  
NIP 19730716200121002

**Dr. Ordas Dewanto S.Si, M.Si.**  
NIP 19661222 199603 1001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Nandi Haerudin".

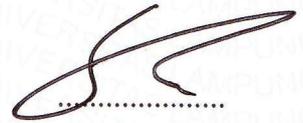
**Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**  
NIP 19750911 200012 1 002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

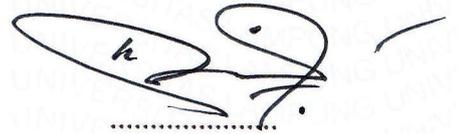
Ketua

: **Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**



Sekretaris

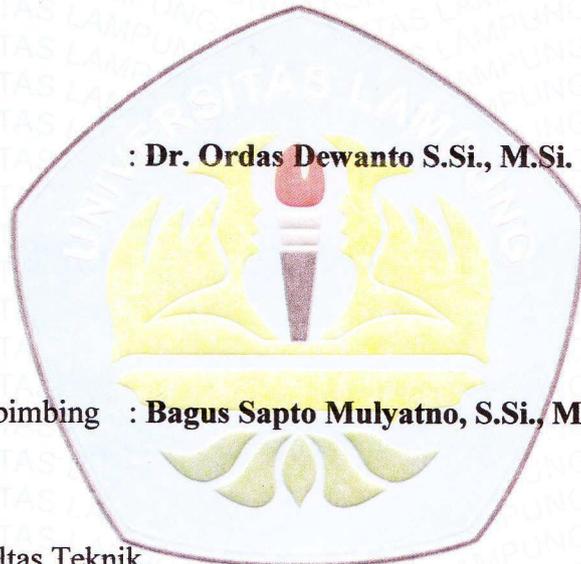
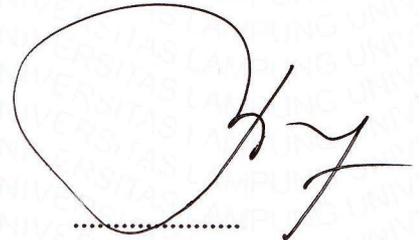
: **Dr. Ordas Dewanto S.Si., M.Si.**



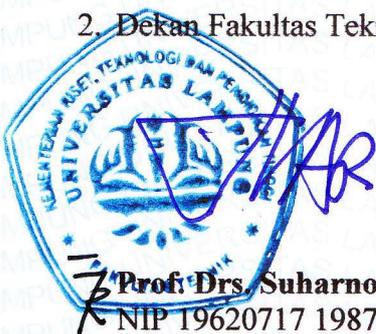
Penguji

Bukan Pembimbing

: **Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Drs. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19620717 198703 1002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Mei 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Juni 2019



**Norman Wirawan Ito**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang Bandar Lampung pada tanggal 06 Desember 1996, anak kedua dari tiga bersaudara sebagai buah kasih dari pasangan Ayahanda Didit Ito dengan Ibunda Yesti Herlena,

Jenjang akademis penulis dimulai dengan menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak pada TK Yayasan Swadipa Natar , Lampung Selatan pada tahun 2002, Sekolah Dasar Negeri Merak Batin Natar, Lampung Selatan pada tahun 2008, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri Negeri 1 Natar, Lampung selatan pada tahun 2011 dan menamatkan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Natar, Lampung selatan pada tahun 2014.

Pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Reguler Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Penulis terdaftar sebagai anggota bidang Sains dan Teknologi pada periode 2015/2016, Anggota bidang Sains dan Teknologi Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (2014-2015), Anggota dari *Society of Exploration Geophysics* (SEG) pada periode 2016/2017, Anggota Bidang Media Informasi

Himpunan Mahasiswa geofisika Indonesia pada periode 2016/2017 Ketua Penelitian dan Pengembangan Bidang Creatif Motif dan Inovatif (Cremona) Fakultas Teknik Universitas Lampung 2017/2018.

Pada bulan Oktober 2017 Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG): **“ANALISIS PENGOLAHAN DAN PEMODELAN PADA ROTASI DATA MAGNETOTELLURIK (MT) LAPANGAN “NWI” DAERAH SUMATRA BARAT”**. Pada Bulan Januari 2017 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sri Basuki, Kec. Seputih Banyak, Kab. Lampung Tengah. Kemudian pada bulan Juni 2018 penulis melaksanakan Tugas Akhir sebagai penelitian skripsi di Badan Geologi Kementrian ESDM, Pusat Survei Geologi (PSG) Jl. Diponegoro No.57, Bandung 40122 dengan tema: **“IDENTIFIKASI STRUKTUR CEKUNGAN BERDASARKAN DATA MAGNETOTELLURICS (MT) DENGAN DATA GAYABERAT LAPANGAN “NWI” DAERAH KALIMANTAN BARAT ”**.

## PERSEMBAHAN

*Alhandulillahirabbal' alamin*

*Puji syukur kupanjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nyalah saya dapat menyelesaikan sebuah karya kecil ini yang telah dibuat dengan penuh perjuangan dan pengorbanan.*

*Kupersembahkan karya ini dengan tulus kepada :*

*Ayah dan Ibu yang selalu memberikan dorongan terbesar dalam hidupku, yang selalu menjadi tumpuan hidupku, yang selama ini telah memberikan pengorbanan hidup dan kasih sayangnya untukku tiada henti-hentinya, yang serta selalu menyematkan namaku disetiap do'a dan sujudnya untuk keberhasilanku*

*Kakak dan adikku yang teramat aku sayangi, kalianlah yang selalu mengajarkanku arti kembali dan kesabaran dalam hidup*

## MOTTO

*“ kejar terus mimpimu walau pun itu terasa pahit dan sedih,  
ingatlah bahwa apa yang kamu kerjakan pastilah akan kau  
dapatkan dengan yang kau impikan (Penulis)”*

*“Hidup lah sesuai dengan yang kau mau jangan menyesali apa  
yang sudah lewat terus lanjutkan pasti ada hal baik yang akan  
kau dapatkan”*

*“ Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu,  
sesungguhnya Allah SWT beserta orang-orang yang sabar “  
(Al-Baqorah, 154)*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah Subhanawata'ala berkat rahmat dan kuasanya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Struktur Cekungan Berdasarkan Data Magnetotellurics (MT) Dengan Data Gayaberat Lapangan “NWI” Daerah Kalimantan Barat”**. Skripsi ini merupakan salah satu hasil penelitian Tugas Akhir Penulis di Badan Geologi Kementrian ESDM, Pusat Survei Geologi (PSG) sekaligus bagian dari persyaratan meraih gelar S-1 Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Harapan penulis dengan adanya penelitian ini semoga dapat menambah khazanah ilmu di bidang eksplorasi hidrokarbon terutama di bidang keilmuan Geofisika, penulia menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Karenanya, kritik dan saran sangat dibutuhkan guna membangun agar kedepannya penulis dapat memberikan yang lebih baik lagi. Demikian kata pengantar ini, semoga penelitian dapat bermanfaat untuk masa kini dan mendatang.

**Penulis**

**Norman Wirawan Ito**

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin....

Dengan penuh rasa syukur, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) hingga penulisan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Struktur Cekungan Berdasarkan Data Magnetotellurics (MT) Dengan Data Gayaberat Lapangan “NWI” Daerah Kalimantan Barat”**. Serta berbagai pihak telah memberikan banyak kontribusi dalam penulisan skripsi ini, sehingga pada sanwacana kali ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
3. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si.M.T. selaku Pembimbing Akademik dan Pembahas dalam Penelitian Skripsi
4. Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing I dalam Penelitian Skripsi

5. Bapak Dr. Ordas Dewanto S.Si., M.Si. sebagai selaku Pembimbing II dalam Penelitian Skripsi
6. Seluruh Dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengetahuan sehingga dapat tercapainya laporan Penelitian Skripsi ini.
7. Pak Hidayat Ramadhan selaku pembimbing Tugas Akhir di Badan Geologi Kementrian ESDM, Pusat Survei Geologi (PSG)
8. Seluruh keluarga yang ada di Badan Geologi Kementrian ESDM, Pusat Survei Geologi (PSG) , khususnya kepada *Team* di Fungsi Eksplorasi.
9. Teuntuk kedua orang tuaku, ayah dan ibu, terimakasih atas segala pengorbanan, kasih sayang serta do'a disetiap sujudmu sehingga saya bisa menyelesaikan laporan Penelitian Skripsi ini dengan baik. Untuk ayah, engkau adalah panutan terbesar dalam hidupku terimakasih telah memberikan segenap jiwa dan ragamu untuk keberhasilanku. Untuk ibu, engkau adalah wanita terhebat yang pernah kukenal, wanita bermental baja yang tidak pernah mengeluh dalam keadaan apapun, terimakasih atas setiap do'a mu.
10. My Sister And Brother (Dikara Kirana dan M. Adli Ito), hanya dengan kalian tempatku berbagi, tempatku merasakan apa yang kalian rasakan. Terimakasih atas semuanya, kalianlah saudara terbaikku.
11. My Best Partner Agra Kuasa Julian makasih yang telah memberikan begitu banyak motivasi dan support selama ini dan selalu sabar menemani tetap jadi sahabatku ya sampai anak kita juga bersahabat.

12. Amir, Ilham, Darto, Ajis, Azri, Indra, Ikwan, Galang, Andi dan yang lain-lain yang tidak bisa di sebutkan yang selalu menjadi kebanggaanku, selalu menjadi sahabat terbaikku sampai kita tua nanti.
13. Semua teman Teknik Geofisika 2014 *Luar Biasa Biasa Diluar*, kalian adalah keluarga terbaikku selama 5,5 tahun ini, kalianlah yang menjadi penyemangat kesuksesanku hari ini dan nanti.

**Penulis**

**Norman Wirawan Ito**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>x</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xx</b>

### **I. PENDAHULUAN**

A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	3
C. Batasan Masalah .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3

## II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lokasi Daerah Penelitian .....	4
B. Peta dan Posisi daerah penelitian.....	4
C. Stratigrafi .....	5
D. Tektonik dan Struktur Geologi Regional.....	8

## III. TEORI DASAR

A. Dasar Metode Magnetotellurik .....	10
B. Persamaan Maxwell .....	11
C. Skin Depth.. .....	14
D. Metode Pengukuran .....	16
1. <i>Transverse Electric Mode</i> .....	16
2. <i>Transverse Magnetic Mode</i> .....	17
E. Inversi 1 Dimensi .....	17
1. <i>Inversi Bousterick</i> .....	17
2. <i>Inversi Occam</i> .....	17
F. Inversi 2 Dimensi .....	18
G. Data <i>Time Series</i> .....	19
H. <i>Fourier Transform</i> .....	20
I. <i>Robust Processing</i> .....	20
J. Konsep Dasar Metode Gayaberat .....	21
1. Gaya Gravitasi (Hukum, Newton I) .....	21
2. Percepatan Gravitasi (Hukum, Newton II).....	22
K. Koreksi-Koreksi dalam Metode Gayaberat .....	23
1. Koreksi Pasang Surut ( <i>Tidal Correction</i> ) .....	23
2. Koreksi Apungan ( <i>Drift Correction</i> ) .....	24
3. Koreksi Lintang ( <i>Latitude Correction</i> ) .....	25
4. Koreksi Udara Bebas ( <i>Free Air Correction</i> ) .....	25
5. Koreksi Bouguer ( <i>Bouguer Correction</i> ) .....	25
L. Filter Second Vertical Derivative .....	27
M. Petroleum System.....	28

1. Batuan Sumber ( <i>Source Rock</i> ) .....	29
2. Reservoir .....	29
3. Caprock .....	29

#### **IV. METODELOGI PENELITIAN**

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	30
B. Data menelitian .....	30
C. Alat dan Bahan .....	31
D. Diagram Alir Penelitian .....	32
E. Perosedur Pengolahan Data Magnetotellurick.....	33
1. Transformas <i>Fouruer (FFT)</i> .....	34
2. <i>Robust Prosesing</i> .....	35
3. Seleksi <i>Time Series</i> .....	36
4. Seleksi <i>Cross Power</i> .....	38
5. Inversi .....	40
F. Prosedur Pengolahan Data Magnetotellurick .....	45

#### **V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Data Lapangan .....	46
B. Pengolahan Data Magnetottelurik.....	46
C. Seleksi <i>Crospower</i> .....	49
D. Hasil inversi 2D data Magnetotellurik.....	51
E. Anomali Bouguer.....	56
F. Analisis Spectral .....	57
G. Anomali Regional .....	64
H. Amomali Residual .....	65
I. Analisis Derivativ .....	67
J. Forward Modeling 2 Dimensi.....	68
K. Interpretasi Model Magnetotellkurik dan Model GayaBerat.....	73

**VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....78

B. Saran.....79

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Peta Adminitrasi Singkawang.....	4
<b>Gambar 2.</b> Peta Geologi Lembar Sanggau .....	7
<b>Gambar 3.</b> Peta Sekala Waktu Geologi .....	8
<b>Gambar 4.</b> Mode TE( <i>Transverse Electric</i> ).....	16
<b>Gambar 5.</b> Mode TM ( <i>Transverse Magnetick</i> ).....	17
<b>Gambar 6.</b> Gaya Tarikm Menarik antar Dua Benda.....	22
<b>Gambar 7.</b> Anomali Gayaberat dan <i>Second Derivative</i> untuk Benda Berupa Cekungan (Basin) atau Patahan Turun dan Intrusi Granit Batolit...28	
<b>Gambar 8.</b> Diagram Alir.....	32
<b>Gambar 9.</b> Proses FFT .....	34
<b>Gambar 10.</b> Tampilan Seting <i>Robust Prosessing Upgrade</i> .....	35
<b>Gambar 11.</b> Tampilan <i>Software Synchro Time Series Viewer</i> .....	36
<b>Gambar 12.</b> Seleksi <i>Time Series</i> .....	37
<b>Gambar 13.</b> Kurva Sebelum Seleksi <i>Cross Power</i> .....	39
<b>Gambar 14.</b> Kurva Setelah Seleksi <i>Cross Power</i> .....	40
<b>Gambar 15.</b> Tampilan <i>Map</i> .....	41
<b>Gambar 16.</b> <i>Editing</i> Pemodelan Sounding 1D .....	42
<b>Gambar 17.</b> Pemodelan <i>Sounding</i> .....	42
<b>Gambar 18.</b> Pemodelan <i>Sounding</i> 1D.....	43
<b>Gambar 19.</b> Pengaturan Parameter Skala .....	44
<b>Gambar 20.</b> Penganturan Batas Tampilan Inversi 2D .....	44
<b>Gambar 21.</b> Tampilan <i>Toolbar Editing PRT</i> .....	47
<b>Gambar 22.</b> Kurva Sebelum Seleksi <i>Cross Power</i> .....	50
<b>Gambar 23.</b> Kurva Sesudah Seleksi <i>Cross Power</i> .....	51
<b>Gambar 24.</b> Struktur Lapisan pada Lintasan 1 Berdasarkan Pemodelan MT .....	54

<b>Gambar 25.</b> Struktur Lapisan pada Lintasan 2 Berdasarkan Pemodelan MT .....	55
<b>Gambar 26.</b> Peta Anomali Bouguer Lengkap.....	56
<b>Gambar 27.</b> Peta Lintasan untuk Analisis Spektrum.....	58
<b>Gambar 28.</b> Gravik Ln A vs k Lintasa A-A' .....	59
<b>Gambar 29.</b> Gravik Ln A vs k Lintasa B-B' .....	60
<b>Gambar 30.</b> Gravik Ln A vs k Lintasa C-C' .....	61
<b>Gambar 31.</b> Gravik Ln A vs k Lintasa D-D' .....	62
<b>Gambar 32.</b> Gravik Ln A vs k Lintasa E-E' .....	63
<b>Gambar 33.</b> Peta Anomali Regional.....	65
<b>Gambar 34.</b> Peta Anomali Residual .....	66
<b>Gambar 35.</b> Peta Anomali Second Vertical Derivative.....	68
<b>Gambar 36.</b> Peta Lintasan Forward Modeling.....	69
<b>Gambar 37.</b> Profil Anomali residual dan SVD, (b) Model Lintasan AB.....	71
<b>Gambar 38.</b> Peta Profil Anomali residual dan SVD, (b) Model Lintasan ED.....	72
<b>Gambar 39.</b> (a)Peta Penampang Lapisan pada lintasan 1 Berdasarkan Pemodelan MT , (b) Model Lintasan AB Gayaberat.....	74
<b>Gambar 40.</b> a)Peta Penampang Lapisan pada lintasan 1 Berdasarkan Pemodelan MT , (b) Model Lintasan AB Gayaberat.....	75
<b>Gambar 41.</b> Peta Geologi Kalimantan .....	76

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Jadwal Penelitian.....	30
<b>Tabel 2.</b> Hasil Nilai Koherensi Data .....	48
<b>Tabel 3.</b> Nilai Resistivitas Batuan .....	52
<b>Tabel 4.</b> Hasil Perhitungan Analisis Spakteral .....	64

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Kebutuhan akan gas dan minyak bumi dunia terus meningkat seiring berjalannya waktu, Indonesia mengalami peningkatan jumlah populasi dari tahun ke tahun, dimana telah membuat Indonesia menjadi negara dengan penduduk terbanyak ke-4 di dunia. Peningkatan jumlah penduduk tersebut, kebutuhan akan energi konvensional juga turut meningkat. Peningkatan penyediaan energi adalah minimal 1.25% - 1.3% lebih besar dari pertumbuhan ekonomi. Akan tetapi, ketersediaan energi yang ada di Indonesia tidak sepadan dengan jumlah populasi yang terus meningkat, dimana pada tahun 2012, terdapat peningkatan populasi sebesar 6.2% dengan hanya peningkatan penyediaan energi pada *Total Primary Energy Supply* (TPES) sebesar 3.15% (Ketahanan Energi Nasional, 2014).

Salah satu kebijakan pemerintah Indonesia adalah meningkatkan eksplorasi dan produksi cadangan minyak dan gas bumi non-konvensional seperti *shale oil* dan *shale gas* agar mendapatkan cadangan minyak dan gas bumi dalam jumlah yang besar. Sebagai contoh *shale gas* adalah gas yang diperoleh dari batuan induk atau *source rock* berupa serpih yang terperangkap dalam batuan induk itu sendiri. *Shale gas* merupakan salah satu gas non-konvensional yang memiliki potensi dua kali lebih besar dari gas konvensional dengan nilai 500 BCFD (*billion barrel oil equivalent*).

Metode Magnetotelurik digunakan dalam penelitian ini dikarenakan metode ini memanfaatkan penjalaran gelombang elektromagnetik dengan penetrasi kedalaman yang tinggi sehingga mampu merepresentasikan kondisi bawah permukaan khususnya struktur *Petroleum System* pada Cekungan NWI berdasarkan nilai tahanan jenisnya. Metode magnetotelurik efektif untuk mendelineasi lapisan yang konduktif dibandingkan untuk mengidentifikasi lapisan yang resistif (Wameyo, 2005). Dengan diperolehnya kontras nilai tahanan jenis, keberadaan strukture *Petroleum System* akan dapat dimodelkan dengan baik.

Gayaberat merupakan salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan bumi. Metoda ini didasarkan pada variasi medan gravitasi bumi karena adanya perbedaan densitas (rapat massa) antar batuan dibawah permukaan. Dengan adanya perbedaan nilai densitas ini akan menimbulkan anomali dari sebuah struktur seperti sesar (Walidah, 2011).

Penggunaan metode *Magnetotelluric* (MT) dan metode gayaberat, diharapkan sifat fisika tersebut dapat digunakan untuk mengetahui struktur cekungan NWI yang berada di bawah permukaan dan juga mengetahui tepatnya area masing-masing komponen pembentuk struktur *Petroleum System* tersebut. Penelitian tugas akhir kali ini, dilakukan pengolahan data hasil akuisisi *Magnetotelluric* (MT) dan gayaberat untuk dapat mengidentifikasi *petroleum system* di bawah permukaan. Penelitian ini berada pada tahap penelitian awal sehingga banyaknya kendala pada data data yang terbatas.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian dalam Penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan peta resistivitas serta peta densitas pada setiap kedalaman yang telah ditentukan untuk menggambarkan kondisi bawah permukaan sesuai dengan prosedur pengolahan yang dilakukan.
2. Menganalisis kontras nilai resistivitas dan densitas untuk identifikasi keberadaan struktur pada Cekungan NWI.

## **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi *Petroleum System* berdasarkan analisis variasi nilai resistivitas di bawah permukaan bumi pada penampang 2D data MT, yang didukung dengan penampang 2D data densitas. Adapun yang akan diidentifikasi adalah batuan sumber, reservoir, batuan penyekat, dan *fracture gradien*.

## **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai struktur geologi pada daerah penelitian berdasarkan data gayaberat dan data *Magnetotelluric* (MT).
2. Memahami konsep eksplorasi hidrokarbon dan proses pengolahan data pada metode *Magnetotelluric* (MT) maupun metode *Gravity*.
3. Memenuhi salah satu persyaratan mata kuliah kurikulum dan kelulusan di Jurusan Teknik Geofisika Fakultas Teknik Universitas Lampung.

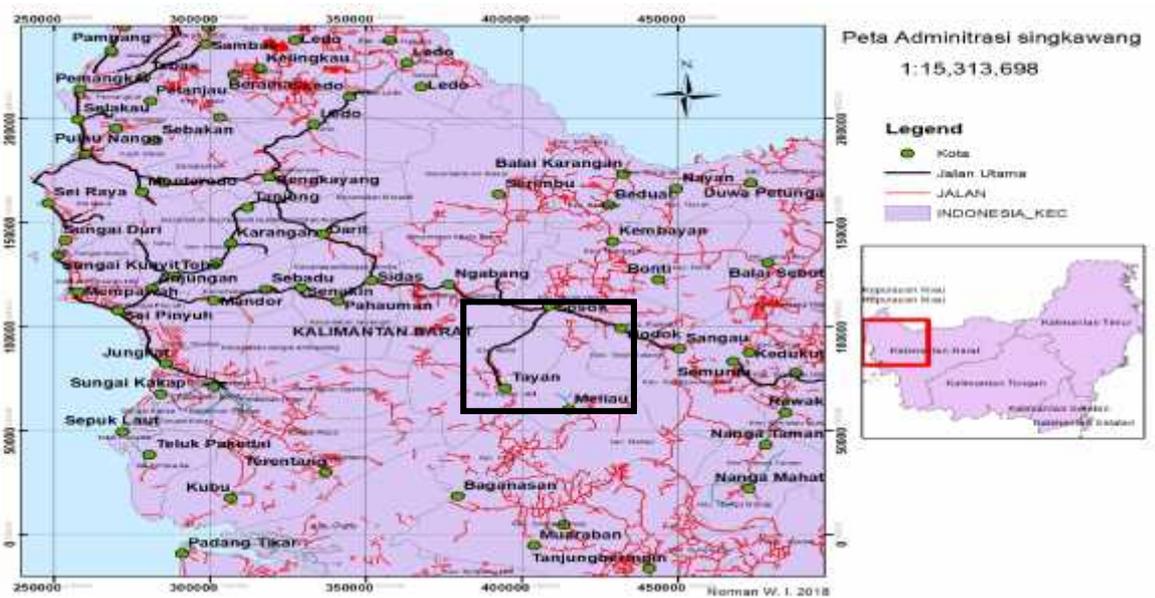
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Letak dan Lokasi Penelitian

Daerah penelitian yang dilakukan berada di Provinsi Kalimantan Barat dengan daerah cekungan “N”. Daerah “NWT” Kalimantan Barat ini diduga memiliki cadangan hidrokarbon.

### B. Peta dan Posisi Daerah Penelitian

Akuisisi menggunakan metode magnetotellurik ini dilakukan di daerah “NWT” yang diduga terdapat hidrokarbon di Provinsi Kalimantan Barat yang secara geografis berada pada 109° 30' - 110° 30' Bujur Timur dan 00° 45' - 00° 30' Lintang Utara (Suwarna dkk., 1993).



Gambar 1. Peta Adminitrasi Singkawang (Suwarna dkk., 1993).

### C. Stratigrafi

Stratigrafi di daerah Lembar Singkawang terdiri dari 13 satuan batuan (Gambar 2), yang terdiri dari:

- Batu Pasir Landak (Tola)

Formasi Banan berumur Oligosen Atas, terdiri dari batupasir berbutir sedang sampai kasar, konglomerat dan berseling dengan batulumpur, setempat karbonat.

- Batupasir Kayan (Tkk)

Batupasir kayan diendapkan secara selaras di atas Formasi Pendawan dan berumur Eosen Awal. Formasi ini terdiri dari batupasir kuarsa-felspar, kuarsa-litos, serpih, batulanau, konglomerat, batubara; setempat kayu terkersikan.

- Batuan Gunungapi Raya (Klr)

Batuan Gunungapi Raya berumur Kapur Awal, terbentuk dari hasil sedimentasi dan kegiatan gunungapi darat sampai laut dangkal, yang diendapkan secara tidak selaras di atas Kelompok Bengkayang. Satuan batuan ini terdiri dari batuan vulkanik berkomposisi andesit sampai dasit, serta terdapat piroklastik.

- Granodiorit Mensibau (Klm)

Granodiorit Mensibau merupakan batolit dan stok yang berhubungan dengan penunjaman, yang berumur Kapur Awal. Satuan ini terdiri dari granodiorit hornblende-biotit, adamelit, tonalit, diorit, dan granit. Satuan batuan ini memiliki sifat magnetik sedang sampai kuat dan umumnya telah terubah. Satuan batuan ini secara luas membentuk Batolit Singkawang (Amiruddin, 1989; dalam Suwarna dkk., 1993). Granodiorit Mensibau menerobos Kelompok Bengkayang dan Batuan Gunungapi Raya.

- Formasi Payak (Teop)

Formasi Payak berumur oligosen bawah. Formasi ini terdiri dari literalnit tufa berferspal tebal berseling dengan batulumpur dan batu lanau.

- Komplek Embuoi (PTRe)

Komplek batuan ini berumur Trias bawah dan diendapkan secara tidak selaras di atas Batuan Gunungapi Raya dan Granodiorit Mensibau. Formasi ini terdiri dari Granit, Granodiorit, biasanya mendaun dan porfirit; sekis, batuan gunungapi basa dan amfibolit.

- Batuan Terobosan Sintang (Toms)

Satuan batuan ini menerobos Kelompok Bengkayang, Batuan Gunungapi Raya, dan Granodiorit Mensibau. Umur satuan ini adalah Oligosen Akhir-Miosen Awal, yang merupakan terobosan kecil, stok, dan retas hipabisal akibat dari proses penunjaman yang terjadi pada Oligosen. Batuan Terobosan Sintang terdiri dari diorit, diorit kuarsa, granodiorit, dan tonalit yang memiliki tekstur holokristalin dan porfiritik. Satuan batuan ini setempat mengalami ubahan menjadi serisit, klorit, epidot, dan karbonat.

- Batuan Gunungapi Niut (Tpn)

Satuan batuan ini menerobos Batuan Gunungapi Raya dan Formasi Hamisan. Batuan Gunungapi Niut berumur Pliosen yang terdiri dari basalt porfiri dan andesit berupa *dyke* dan stok.

- Endapan aluvial dan rawa (Qa)

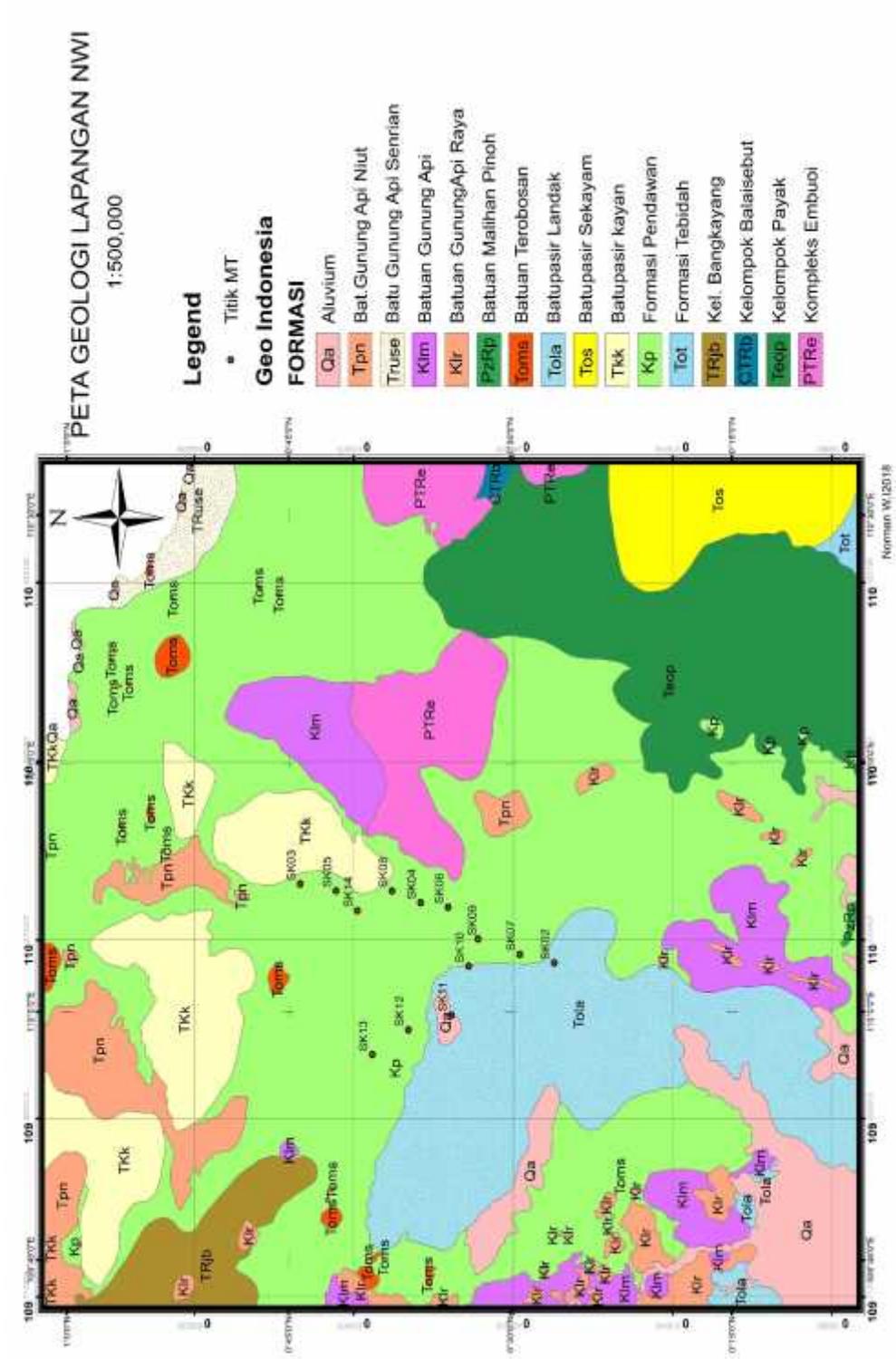
Endapan aluvial dan rawa menutupi secara tidak selaras di atas endapan aluvial terbiku. Satuan ini terdiri dari lumpur, pasir, kerikil, dan bahan tumbuhan.

- Formasi Pendawa (Kp)

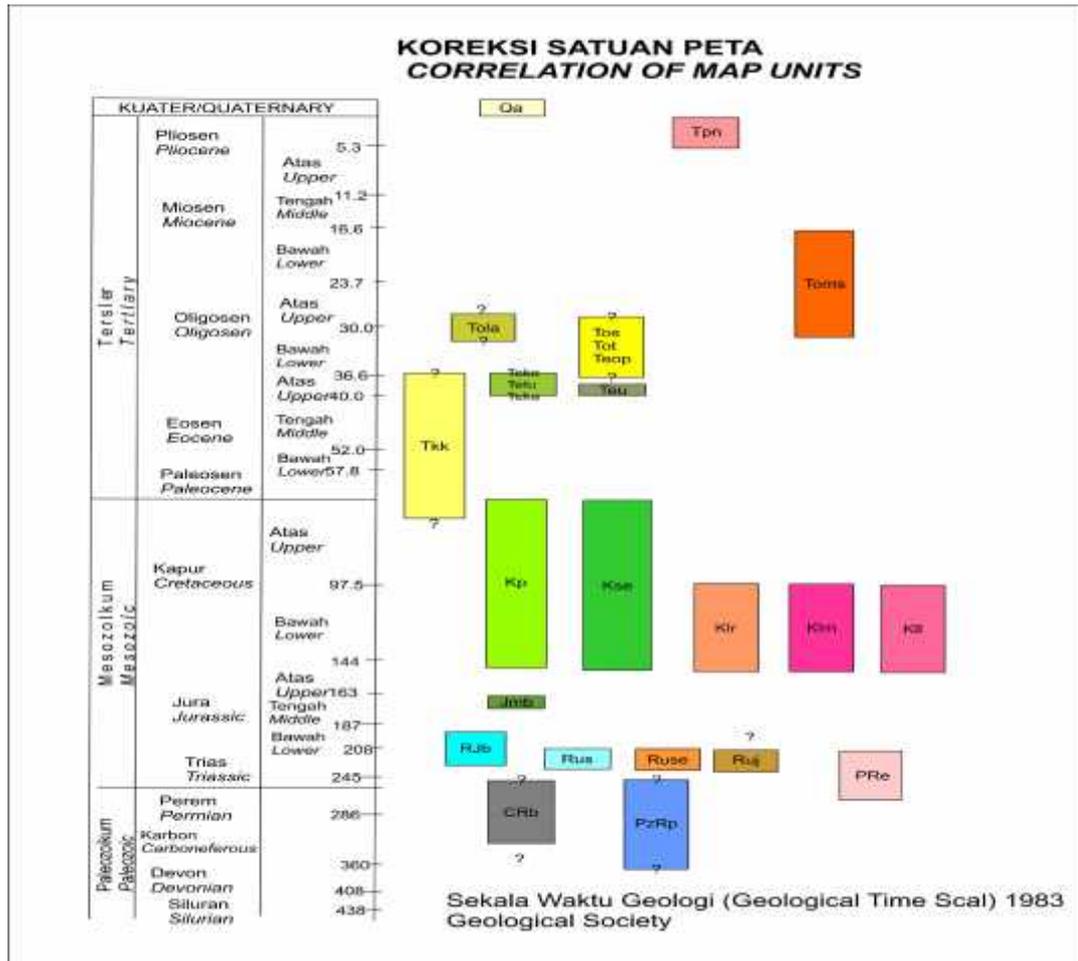
Pada formasi pendawa ini berada pada satuan umur kapur atas. Satuan batuan ini terdiri dari serpih, serpih sabakan, batulumpur berkarbonat, batu lanau dan batupasir, setempat gampingan, sedikit batu gamping dan tufa, berfosil. Endapan litoral menutupi endapan aluvial dan rawa di bawahnya.

- Batuan Gunungapi Senrian (*Ruse*)

Batuan ini berumur Trias, dengan satu batuan lava, bersusun desit, trakit, basal, breksi, tufa, aglomer.



**Gambar 2.** Peta Geologi Lembar Sanggau. (Suwama dkk., 1993).



**Gambar 3.** Peta Sekala Waktu Geologi (Suwarna dkk., 1993).

#### D. Tektonik dan Struktur Geologi Regional

Struktur geologi di wilayah Singkawang dikontrol oleh Granodiorit Mensibau. Granodiorit Mensibau merupakan bagian dari Batolit Singkawang. Satuan batuan ini diperkirakan merupakan busur magmatik hasil dari subduksi antara Lempeng Proto Laut Cina Selatan dengan bagian utara Dataran Sunda, yang miring ke arah selatan pada Kapur Bawah (Suwarna dkk., 1993). Bukti dari jalur subduksi ini didukung oleh adanya *mélange* berumur Kapur yang terletak lebih ke utara, yaitu Komplek Serabang di Lembar Sambas.

Proses subduksi selanjutnya terjadi pada *Eosen-Oligosen* Awal, akibat terjadinya pemekaran (*rifting*) yang membentuk Laut Cina Selatan. Proses tersebut menyebabkan pergerakan Blok Kontinen Luconia ke arah selatan sehingga terjadi subduksi (Daines, 1985; dalam Soeria-Atmadja dkk., 1999). Busur magmatik *Eosen-Oligosen* Awal dapat terlihat dari Sintang sampai Kelian di sepanjang Kalimantan Tengah. Proses tektonik berikutnya adalah kolisi yang terjadi pada Oligosen Tengah (**Gambar 38**).

Menurut Soeria-Atmadja dkk. (1999), magmatisme yang berumur Oligosen Akhir-Miosen Tengah memotong busur magmatik yang berumur Eosen-Oligosen Awal. Busur magmatik yang lebih muda ini dapat diikuti dari Sintang, Masuparia, Kelian, Muyup, Muara Wahau, dan Sesayap. Magmatisme ini diperkirakan berhubungan dengan sisa lempeng yang menunjam pada Eosen (Suwarna dkk., 1993).

### III. TEORI DASAR

#### A. Dasar Metode Magnetotellurik

Metoda magnetotellurik (MT) merupakan salah satu metoda eksplorasi geofisika yang memanfaatkan medan elektromagnetik alam. Medan elektromagnetik berasal dari dua sumber, yaitu dari *solar wind* dan petir. Medan elektromagnetik tersebut ditimbulkan oleh berbagai proses fisik yang cukup kompleks sehingga *spektrum* frekuensinya sangat lebar ( $10^{-5}$  Hz –  $10^4$  Hz). Pada frekuensi yang cukup rendah (kurang dari 1 Hz), berasal dari *fluktasi* medan magnet bumi yang disebabkan oleh perubahan dalam *magnethosphere*. *Magnethosphere* adalah zona kompleks plasma, yang secara konstan terdorong oleh *solar wind*. *Solar wind* yang mengandung partikel-partikel bermuatan listrik berinteraksi dengan medan magnet permanen bumi sehingga menyebabkan variasi medan elektromagnetik.

Variasi pada jangkah frekuensi audio (*audio frequency band*, di atas 1 Hz) terutama disebabkan oleh aktivitas meteorologis berupa petir. Petir yang terjadi di suatu tempat menimbulkan gelombang EM yang terperangkap antara ionosfer dan bumi (*wave guide*) dan menjalar mengitari bumi. *Wave guide* sebagai gelombang listrik transversal (TE), magnetik transversal (TM), atau gelombang listrik dan magnetik transversal (TEM). Kebergantungan fenomena listrik magnet terhadap sifat kelistrikan terutama konduktivitas medium (bumi)

dapat dimanfaatkan untuk keperluan eksplorasi menggunakan metoda MT. Informasi mengenai konduktivitas medium yang terkandung dalam data MT dapat diperoleh dari penyelesaian persamaan Maxwell menggunakan model-model yang relatif sederhana (Vozoff, 1991).

## B. Persamaan Maxwell

Persamaan Maxwell merupakan sintesa hasil eksperimen (empiris) mengenai fenomena listrik-magnet yang didapatkan oleh Faraday, Ampere, Gauss, Coloumb disamping yang dilakukan oleh Maxwell sendiri. Dalam bentuk diferensial, persamaan Maxwell dalam domain frekuensi dapat dituliskan sebagai berikut,

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1a)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2a)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \mathbf{q} \quad (3a)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = \mathbf{0} \quad (4a)$$

Dimana

$\mathbf{E}$  : medan listrik (Volt/m)

$\mathbf{B}$  : fluks atau induksi magnetik (Weber/m<sup>2</sup> atau Tesla)

$\mathbf{H}$  : medan magnet (Ampere/m)

$\mathbf{J}$  : rapat arus (Ampere/m<sup>2</sup>)

$\mathbf{D}$  : perpindahan listrik (Coloumb/m<sup>2</sup>)

$\mathbf{q}$  : rapat muatan listrik (Coloumb/m<sup>3</sup>)

Persamaan (1a) diturunkan dari hukum Faraday yang menyatakan bahwa perubahan fluks magnetik menyebabkan medan listrik dengan gaya gerak listrik berlawanan dengan variasi fluks magnetik yang menyebabkannya. Persamaan (1b) merupakan generalisasi teorema Ampere dengan memperhitungkan hukum kekekalan muatan. Persamaan tersebut menyatakan bahwa medan magnet timbul akibat fluks total arus listrik yang disebabkan oleh arus konduksi dan arus perpindahan. Persamaan (1c) menyatakan hukum Gauss yaitu fluks elektrik pada suatu ruang sebanding dengan muatan total yang ada dalam ruang tersebut. Sedangkan persamaan (1d) yang identik dengan persamaan (1c) berlaku untuk medan magnet, namun dalam hal ini tidak ada monopol magnetik.

Hubungan antara intensitas medan dengan fluks yang terjadi pada medium dinyatakan oleh persamaan berikut;

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} \quad (2a)$$

$$\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} \quad (2b)$$

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E} = \frac{\mathbf{E}}{\rho} \quad (2c)$$

Dimana

$\mu$  : permeabilitas magnetik (Henry/m)

$\epsilon$  : permitivitas listrik (Farad/m)

$\sigma$  : konduktivitas ( $\text{Ohm}^{-1}/\text{m}$  atau Siemens/m)

$\rho$  : tahanan jenis ( $\text{Ohm.m}$ )

Untuk menyederhanakan masalah, sifat fisik medium diasumsikan tidak bervariasi terhadap waktu dan posisi (*homogen isotropik*). Dengan demikian akumulasi muatan seperti dinyatakan pada persamaan (1c) tidak terjadi dan persamaan Maxwell dapat dituliskan kembali sebagai berikut,

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} \quad (3a)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \sigma \mathbf{E} + \mu \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad (3b)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0 \quad (3c)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{H} = 0 \quad (3d)$$

Tampak bahwa dalam persamaan Maxwell yang dinyatakan oleh persamaan (3) hanya terdapat dua variabel yaitu medan listrik  $\mathbf{E}$  dan medan magnet  $\mathbf{H}$ . Dengan operasi curl terhadap persamaan (3a) dan (3b) serta mensubstitusikan besar yang telah diketahui pada persamaan (3) akan kita peroleh pemisahan variabel  $\mathbf{E}$  dan  $\mathbf{H}$  sehingga,

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{E} = -\mu \sigma \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (4a)$$

$$\nabla \times \nabla \times \mathbf{H} = -\mu \sigma \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} \quad (4b)$$

Dengan memperhatikan identitas vector  $\nabla \times \nabla \times \mathbf{x} = \nabla (\nabla \cdot \mathbf{x}) - \nabla^2 \mathbf{x}$  dimana  $\mathbf{x}$  adalah  $\mathbf{E}$  atau  $\mathbf{H}$ , serta hubungan yang dinyatakan oleh persamaan (3c) dan (3d), maka kita dapat kan persamaan gelombang (Persamaan Helmholtz) untuk medan listrik dan medan magnet sebagai berikut,

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu \sigma \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad (5a)$$

$$\nabla^2 \mathbf{H} = -\mu \sigma \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} - \mu \epsilon \frac{\partial^2 \mathbf{H}}{\partial t^2} \quad (5b)$$

Perlu diingat bahwa pada persamaan tersebut di atas variabel E dan H merupakan fungsi posisi dan waktu. Jika variasi terhadap waktu dapat direpresentasikan oleh fungsi periodik sinusoidal maka,

$$\mathbf{E}(\mathbf{r},t) = \mathbf{E}_0(\mathbf{r})e^{i\omega t} \quad (6a)$$

$$\mathbf{H}(\mathbf{r},t) = \mathbf{H}_0(\mathbf{r})e^{i\omega t} \quad (6b)$$

Dimana  $E_0$  dan  $H_0$  masing-masing adalah amplitudo medan listrik dan medan magnet, dan  $\omega$  adalah frekuensi gelombang EM. Dengan demikian persamaan (5) menjadi,

$$\nabla^2 \mathbf{E} = (i\omega\mu\sigma - \omega\mu\epsilon)\mathbf{E} \quad (7a)$$

$$\nabla^2 \mathbf{H} = (i\omega\mu\sigma - \omega\mu\epsilon)\mathbf{H} \quad (7b)$$

(Telford, 2004).

### C. *Skin Depth*

Metode MT bergantung pada penetrasi medan EM yang masuk kedalam bumi. Gelombang elektromagnetik dan konduktivitas batuan bumi itu sendiri yang akan berpengaruh terhadap penetrasi. Metode magnetotellurik (MT) memiliki penetrasi yang sangat dalam yaitu dapat mencapai lebih dari 3 km. Semakin kecil frekuensi dari alat yang kita gunakan, maka akan semakin dalam penetrasi yang diperoleh. Akan tetapi proses perekaman data menjadi semakin lama (Simpson dan Karsten, 2005).

Besaran *skin depth* digunakan untuk memperkirakan kedalaman penetrasi atau kedalaman investigasi gelombang elektromagnetik. Adapun *skin depth*

dalam metode *Magnetotellurik* dapat dituliskan dalam (Persamaan 3) berikut ini:

$$\delta = 503\sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (8)$$

(Simpson dan Karsten, 2005).

Dimana adalah kedalaman penetrasi (m),  $\rho$  adalah resistivitas medium (ohm.m). Sementara f adalah nilai frekuensi dari gelombang EM tersebut. Dari (Persamaan 3), terlihat bahwa skin depth tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya frekuensi alat yang kita gunakan, tetapi faktor resistivitas formasi batuan juga turut mempengaruhi. Semakin besar frekuensi alat yang kita gunakan, maka penetrasi yang diperoleh akan semakin dangkal. Namun, ketika frekuensi alat yang digunakan semakin kecil, maka penetrasi yang dihasilkan akan semakin dalam. Sementara dengan frekuensi alat yang sama, semakin besar nilai resistivitas formasi batuan yang ada dibawah lapisan bumi maka hasil penetrasi yang diperoleh akan semakin dalam. Sedangkan jika lapisan di bawah permukaan memiliki resistivitas formasi yang kecil, maka penetrasi yang diperoleh juga semakin dangkal.

Besar kecilnya penetrasi bergantung oleh nilai resistivitas batuan dikarenakan lapisan yang memiliki nilai resistivitas rendah akan cenderung lebih mudah mengalirkan arus dibandingkan dengan lapisan yang lebih resistif. Ketika lapisan konduktif tersebut mendapat injeksi arus dari luar, maka arus luar akan lebih cenderung mengalir hanya dilapisan konduktif saja, tidak mengalir ke lapisan di bawahnya yang lebih resistif. Oleh karena itu, faktor

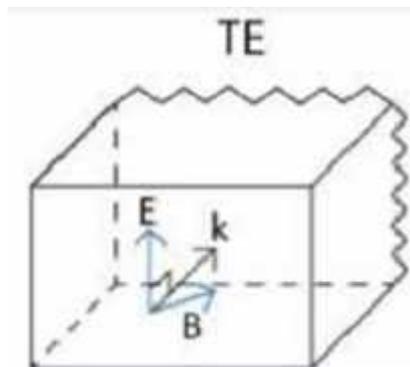
resistivitas formasi batuan akan sangat mempengaruhi besar kedalaman penetrasi yang diperoleh. Parameter yang diukur dalam survei Magnetotellurik (MT) adalah medan listrik dan medan magnet di wilayah tersebut (Daud, 2010).

#### D. Metode Pengukuran MT

Dalam metode pengukuran MT, terdapat dua metode pengukuran yang dapat membantu dalam proses pemodelan atau interpretasi tahap awal, yaitu TE (*Transverse Electric*) mode dan TM (*Transverse Magnetic*) mode.

##### 1. *Transverse Electric Mode*

Pada komponen yang menunjukkan medan listriknya sejajar dengan arah struktur utama dinamakan *Transvers Electric* (TE) mode atau juga disebut *E- Polarization*.

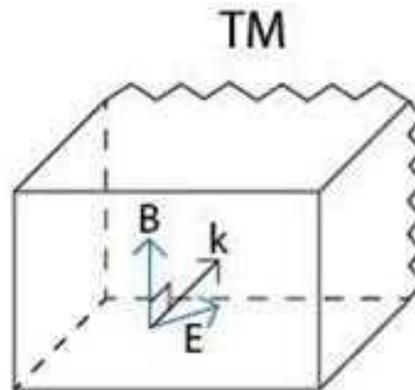


**Gambar 4.** Mode TE (*Transverse Electric*) (Unsworth, 2006).

Mode TE menunjukkan pada bidang arah sumbu y dan z hanya komponen magnetiknya saja, sedangkan komponen medan listrik sejajar dengan arah struktur utama (Unsworth, 2006). Mode TE dapat dilihat pada (**Gambar 4**).

## 2. *Transverse Magnetic Mode*

Pada komponen yang menunjukkan medan magnet yang sejajar dengan arah struktur utama dinamakan *Transverse Electric* (TM) mode atau disebut juga *B-Polarization*.



**Gambar 54.** Mode TM (*Transverse Magnetic*) (Unsworth, 2006).

Mode TM menunjukkan pada bidang arah sumbu y dan z hanya komponen medan listrik saja sedangkan komponen medan magnet sejajar dengan arah struktur utama (Unsworth, 2006). Mode TM dapat dilihat pada (**Gambar 5**).

## E. Inversi 1 Dimensi

Model 1 dimensi berupa model berlapis horizontal, yaitu model yang terdiri dari beberapa lapisan, dimana tahanan jenis tiap lapisan homogen. Dalam hal ini parameter model 1 dimensi adalah tahanan jenis dan ketebalan tiap lapisan. Inversi 1D terdiri dari dua jenis yaitu:

### 1. *Inversi Bostick*

Proses *inversi* yang terjadi dalam metode ini yaitu diterapkan pada data resistivitas semu dan fasa yang kemudian dilakukan transformasi

hingga mendapatkan nilai resistivitas sebenarnya dan data kedalaman. Secara sederhana, transformasi ini dapat dihitung dengan persamaan sederhana yang diperkenalkan oleh (Goldberg dan Rotstein, 1982) yaitu

$$\rho(D) = \rho(\omega) \left( \frac{\pi}{2\phi} - 1 \right) \quad (9a)$$

$$D = \left( \frac{\rho(\omega)}{\mu\omega} \right)^{1/2} \quad (9b)$$

dimana  $D$  adalah kedalaman,  $\rho(\omega)$  adalah resistivitas sebagai fungsi dari kedalaman ( $D$ ),  $\rho(\omega)$  adalah resistivitas semu sebagai fungsi pada frekuensi ( $\omega$ ),  $\mu$  adalah frekuensi angular adalah permeabilitas magnetik, dan  $\phi$  adalah fase.

## 2. *Inversi Occam*

Proses *inversi* yang terjadi dalam metode ini terbagi menjadi dua fase. Fase I adalah fase dimana proses *inversi* akan membawa RMS ke level yang diinginkan dengan mengubah  $\rho$ . Sementara itu, fase II adalah fase dimana inversi akan meminimalisasi model norm (normalisasi model). Hal ini dilakukan juga dengan mengubah  $\rho$  untuk menemukan model dengan normalisasi terkecil sementara RMS tetap dijaga berada pada level yang diinginkan. Dalam *inversi* ini,  $\rho$  tidak ditetapkan di awal inversi, melainkan akan berubah dari iterasi 1 ke *iterasi* lainnya (Suparno, 2007).

## F. *Inversi 2 Dimensi*

Inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk memperoleh distribusi sifat

fisis bawah permukaan. Analisis terhadap data lapangan dilakukan dengan cara melakukan pencocokan kurva antara model matematika dengan data lapangan.

Inversi 2 dimensi dapat dilakukan dengan menggunakan metode *inversi Nonlinear Conjugate Gradient* (NLCG). Metode NLCG mampu memperkecil suatu fungsi objek yang terdapat pada resistivitas. Metode NLCG dapat secara langsung meminimalisasi problem yang bukan kuadratik, membebaskan kerangka *iterasi* dan *inversi linear*.

Penyelesaian yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan inversi MT adalah dengan meminimalkan persamaan fungsi *unconstraint* yang ada dengan pendekatan *iterasi*.

Pada data *magnetotelluric*, terdapat dua jenis fungsi utama *unconstraint* yang harus diminimalkan dengan menggunakan pendekatan *iterasi* untuk menghasilkan model yang *match* dengan data. Salah satunya adalah dengan fungsi berikut :

$$\Phi(\mathbf{m}) = (\mathbf{d} - \mathbf{G}(\mathbf{m}))^T \mathbf{V}^{-1} (\mathbf{d} - \mathbf{G}(\mathbf{m})) + \tau \mathbf{M}^T \mathbf{L}^T \mathbf{L} \mathbf{m} \quad (10)$$

Dimana  $\mathbf{m}$  adalah model *resistivity* dalam dimensi  $M$ ,  $\mathbf{m}_0$  adalah prior model,  $\mathbf{C}_m$  adalah model *matrix covariance*,  $\mathbf{d}$  adalah data *observasi* dengan dimensi  $N$ ,  $\mathbf{F}[\mathbf{m}]$  adalah *Forward model response*,  $\mathbf{C}_d$  adalah data *Matrix covariance*,  $-2$  adalah *misfit* yang dicari,  $-1$  adalah faktor pengali Lagrange (Amriyah, 2012).

## G. Data Time Series

Salah satu *time series* terdiri dari informasi tentang periode dan penetrasi kedalaman. Langkah awal dalam pengolahan data adalah mentransformasikan

dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan transformasi *fourier*. *Time series* elektromagnetik direkam sampai beberapa minggu atau bulan yang menghasilkan 10 Mbytes data. Disisi lain, *transfer function* dari satu stasiun memiliki dataset yang sangat kecil yang digambarkan dengan *impedance tensor* pada 30-50 *evaluation frequensies* (Simpson dan Karsten, 2005).

## H. *Fourier Transform*

*Fourier transform* merupakan suatu fungsi yang dapat mengubah sinyal dari *time series* menjadi *frequency domain*. *Fourier transform* hanya dapat digunakan untuk *space* atau *time series* yang merupakan fungsi kontinu. Berikut ini merupakan fungsi dari *Fourier transform* dengan  $f(\omega)$  adalah fungsi gelombang dalam *domain frekuensi*,  $f(t)$  adalah fungsi gelombang dalam *time domain*,  $i$  adalah imajiner,  $\omega = 2\pi f$  adalah frekuensi angular,  $t$  adalah waktu dan  $e$  adalah eksponen.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \quad (11)$$

(Rulia, 2012).

## I. *Robust Processing*

*Robust processing* adalah teknik pemrosesan *statistical* yang menggunakan bobot *iterative* dari residual untuk mengidentifikasi dan menghapus data yang menyimpang oleh *noise*. Teknik ini dilakukan dengan mengeleminasi pengaruh dari titik data (disebut dengan *outlier*) yang tidak

mempresentasikan keseluruhan data. sebagai *filter noise* awal bagi data MT. Pada dasarnya prinsip *robust* hampir sama dengan prinsip *least square* biasa, yaitu mencari *trend* data yang lebih dominan dan *outlier* adalah data dengan nilai yang menyimpang jauh dari nilai rata-rata, umumnya data tersebut dapat dianggap sebagai *noise* sehingga *robust processing* dapat berperan meminimalisir pengaruh *outlier* terhadap data. Perbedaannya adalah dari besarnya pengaruh *outlier* yang ada dalam data. Pengaruh *outlier* pada *robust* cenderung lebih rendah daripada *least square* (Rulia, 2012).

## J. Konsep Dasar Metode Gayaberat

### 1. Gaya Gravitasi (Hukum Newton I)

Teori yang mendukung Ilmu gravitasi terapan adalah hukum Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua partikel bergantung dari jarak dan massa masing-masing partikel tersebut, yang dinyatakan sebagai berikut

$$F(r) = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (12)$$

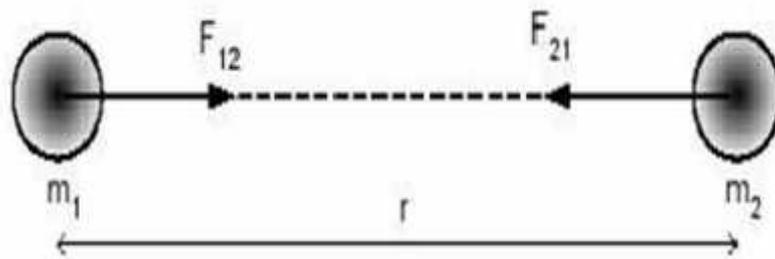
Dimana :

$F(r)$  : Gaya Tarik Menarik (N)

$m_1, m_2$  : Massa benda 1 dan massa benda 2 (kg)

$r$  : Jarak antara dua buah benda (m)

$G$  : Konstanta Gravitasi Universal ( $6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg s}^{-2}$ )



**Gambar 6.** Gaya Tarik menarik antara dua benda

## 2. Percepatan Gravitasi (Hukum Newton II)

Newton juga mendefinisikan hubungan antara gaya dan percepatan. Hukum II Newton tentang gerak menyatakan gaya sebanding dengan perkalian massa benda dengan percepatan yang dialami benda tersebut.

$$\mathbf{F} = \mathbf{m.g} \quad (13a)$$

Percepatan sebuah benda bermassa  $m_2$  yang disebabkan oleh tarikan benda bermassa  $M_1$  pada jarak  $R$  secara sederhana dapat dinyatakan dengan

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{M}} \quad (13b)$$

Bila ditetapkan pada percepatan gaya tarik bumi persamaan di atas menjadi

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{M}} = \mathbf{G} \frac{\mathbf{Mm}}{\mathbf{mr}^2} = \frac{\mathbf{GM}}{\mathbf{r}^2} \quad (13c)$$

Dimana :

$g$  : Percepatan gaya tarik bumi

$M$  : Massa bumi

$m$  : Massa benda

$F$  : Gayaberat

$r$  : Jari-Jari bumi

Pengukuran percepatan gravitasi pertama kali dilakukan oleh Galileo, sehingga untuk menghormati Galileo, kemudian didefinisikan:

$$1 \text{ Gall} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2 \text{ (dalam c.g.s)} \quad (14a)$$

Satuan anomali gaya berat dalam kegiatan eksplorasi diberikan dalam orde miligal (mGall) :

$$1 \text{ mGall} = 10^{-3} \text{ Gall}$$

$$1 \mu\text{Gall} = 10^{-3} \text{ mGall} = 10^{-6} \text{ Gall} = 10^{-8} \text{ m/s}^2 \quad (14b)$$

alam satuan m.k.s, gravitasi diukur dalam g.u. (*gravity unit*) atau  $\mu\text{m/s}^2$

$$1 \text{ mGall} = 10 \text{ g.u.} = 10^{-5} \text{ m/s}^2 \quad (14c)$$

(Octonovrilna, 2009).

## K. Koreksi – Koreksi dalam Metode Gayaberat

Dalam memproses data metode gayaberat, terdapat beberapa koreksi-koreksi yang harus dilakukan untuk mereduksi *noise-noise* yang ditimbulkan, adapun koreksi-koreksi tersebut antara lain:

### 1. Koreksi Pasang Surut (*Tidal Correction*)

Koreksi Pasang Surut (*Tidal*) adalah koreksi yang disebabkan oleh efek tarikan massa yang disebabkan oleh benda-benda langit, terutama bulan dan matahari. Harga koreksi ini berubah-ubah setiap waktu secara periodik tergantung dari kedudukan benda-benda langit tersebut. Koreksi ini merupakan gaya tarik bulan dan matahari pada permukaan bumi maka

harga tersebut ditambahkan pada harga baca dan pengamatan, jika koreksi tersebut merupakan lawan dari gaya tarik maka perlu dikurangkan.

## 2. Koreksi Apungan (*Drift Correction*)

Gravimeter biasanya dirancang dengan sistem keseimbangan pegas dan dilengkapi massa yang tergantung bebas diujungnya. Karena pegas tidak elastis sempurna, maka sistem pegas tidak kembali ke kedudukan semula. Koreksi alat karena sifat pegas yang tidak kembali ke kedudukan semula disebut koreksi apungan (*Drift Correction*). Koreksi ini dilakukan untuk mengoreksi kesalahan pembacaan gravimeter pada saat melakukan pengukuran nilai gravitasi di suatu tempat. *Drift* adalah penyimpangan pembacaan nilai gravitasi yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti elastisitas pegas pada alat, pengaruh suhu, dan guncangan selama survei. Semua alat gravimeter harus cukup peka untuk kepentingan perseksi geofisika secara komersial sehingga akan mempunyai variasi terhadap waktu. Hal tersebut dikarenakan faktor internal yakni adanya struktur dalam alat yang berupa pegas sangat halus sehingga perubahan mekanis yang sangat kecil akan berpengaruh terhadap hasil pengukuran (Susilawati, 2005).

Untuk mengatasi kesalahan pembacaan gravimeter pada saat pengukuran nilai gravitasi maka perlu dilakukan sistem pengukuran tertutup (*looping*) pada *base station* dalam satu kali survey, yaitu dengan pembacaan di awal dan akhir pada (*base station*), sehingga perbandingan

nilai awal dan akhir dapat diketahui. Perbedaan inilah yang disebabkan oleh kesalahan pembacaan gravimeter.

### 3. Koreksi Lintang (*Latitude Correction*)

Koreksi Lintang adalah koreksi yang digunakan pada pembacaan nilai gaya berat terhadap lintang geografis bumi. Nilai Gaya berat pada setiap lintang memiliki nilai pembacaan yang berbeda karena bumi tidak bulat sempurna (*elipsoid*) dan pipih di setiap kutubnya. Nilai percepatan gravitasi di khatulistiwa lebih kecil daripada di kutub karena jearinya di *Equator* ( $R_e$ ) lebih besar daripada jari di kutub ( $R_k$ ). Hal ini menyebabkan garis *spheroid* dan *Geoid* bumi menyebabkan adanya gaya sentrifugal yang menarik massa keluar.

### 4. Koreksi Udara Bebas (*Free Air Correction*)

Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan bumi maka percepatan gravitasi bumi semakin kecil karena bertambahnya jarak dari pusat bumi ke titik pengukuran. Pada koreksi gravitasi normal, benda dianggap terletak di *spheroid* referensi. Padahal kenyataannya, seringkali pengukuran gravitasi dilakukan di daerah yang tinggi di atas *mean sea level* (msl). Oleh karena itu koreksi ini dilakukan untuk menghitung perubahan nilai gaya berat akibat perbedaan ketinggian sebesar  $h$  dari pusat bumi dengan mengabaikan adanya massa yang terletak diantara titik amat dengan *spheroid* referensi (dimana dalam selang ketinggian tersebut diisi oleh udara).

### 5. Koreksi Bouguer (*Bouguer Correction*)

Koreksi yang digunakan untuk menghilangkan perbedaan ketinggian dengan tidak mengabaikan massa di bawahnya sehingga harga  $g$  akibat massa di antara referensi antara bidang referensi muka air laut sampai titik pengukuran sehingga nilai  $g$ . Observasi bertambah.

#### 6. Koreksi Medan (*Terrain Correction*)

Adanya massa yang terletak di bawah permukaan antara titik pengamatan dan bidang *spheroid* pada ketinggian  $h$  sangat mempengaruhi gaya gravitasi. Massa yang terletak antara titik ukur dengan bidang *spheroid* dapat disederhanakan menjadi dua bagian :

- a) Bagian lempeng datar dengan ketebalan yang sama dengan ketinggian titik ukur dengan permukaan *spheroid*. Tarikan massa ini disebut dengan efek *Bouguer*.
- b) Bagian yang berada di atas atau bagian yang hilang di bawah permukaan lempeng. Bagian ini dikatakan sebagai efek topografi (efek medan). Koreksi topografi dilakukan untuk mengoreksi adanya penyebaran massa yang tidak teratur di sekitar titik pengukuran. Pada koreksi *Bouguer* mengandaikan bahwa titik pengukuran di lapangan berada pada bidang datar yang sangat luas. Sedangkan kenyataan di lapangan bisa saja terdapat topografi yang tidak datar akan tetapi ada kumpulan gunung atau perbukitan, maka jika hanya dilakukan koreksi *Bouguer* saja hasilnya akan kurang baik.

Dari kenyataan diatas, pengaruh material yang ada di sekitar baik material yang ada berada diatas maupun dibawah titik pengukuran turut memberi

tambahan terhadap hasil pengukuran di titik pengukuran tersebut sehingga harus dilakukan koreksi topografi terlebih jika di medan pengukuran memiliki topografi yang tidak beraturan seperti rangkaian pegunungan ataupun bukit. Jika medan pengukuran relatif datar maka koreksi topografi/medan dapat diabaikan (Susilawati, 2005).

#### L. *Filter Second Vertical Derivative*

Metode ini digunakan untuk memunculkan sumber-sumber anomali yang bersifat dangkal/lokal. Metode ini sangat bagus untuk mengetahui diskontinuitas dari suatu struktur bawah permukaan, khususnya adanya patahan pada suatu daerah survei. Secara teoritis metode ini diturunkan dari persamaan laplace untuk anomali gaya berat di permukaan yang persamaannya dapat ditulis:

$$2. \quad \mathcal{G} = 0 \quad (15a)$$

Atau:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} \quad (15b)$$

Sehingga second vertical derivative nya diberikan oleh:

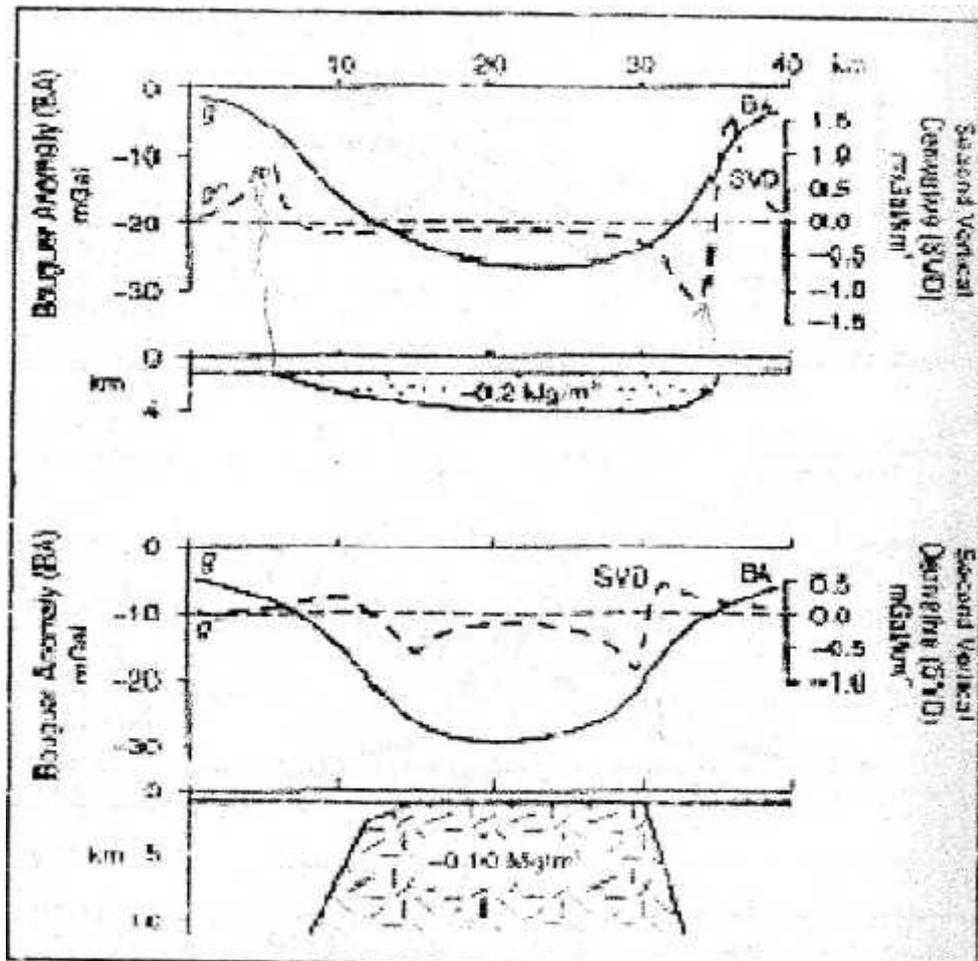
$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\left(\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2}\right) \quad (15c)$$

Untuk data 1-D (data penampang) persamaannya diberikan oleh:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (15d)$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa *second vertical derivative* dari suatu anomali gayaberat permukaan adalah sama dengan negatif dari

*derivative* orde dua horizontalnya, artinya bahwa anomali *second vertical derivative* dapat melalui *derivative* orde dua horizontalnya yang lebih praktis dikerjakan.



**Gambar 7.** Anomali gayaberat dan *second derivative* untuk benda berupa cekungan (basin) atau patahan turun dan intrusi granit batolit (Sarkowi, 2011).

### M. *Pertolium system*

*Pertolium system* adalah studi mengenai sistem minyak dan gas bumi. Adapun faktor yang menjadi perhatian adalah *source rock*, *reservoir* batuan penyekat dan *fracture gradien*.

### 1. Batuan Sumber (*source rock*)

*Source rock* adalah endapan sedimen atau batuan karbonat yang mengandung bahan organik yang dapat menghasilkan minyak dan gas bumi ketika endapan tersebut terakumulasi dan terpanaskan.

### 2. Reservoir

Reservoir adalah batuan yang mampu menyimpan dan mengalirkan hidrokarbon. Batuan tersebut harus memiliki porositas dan permeabilitas. Jenis reservoir umumnya pada batuan pasir dan batuan karbonat dengan porositas 15-30% serta permeabilitas minimum sekitar 1mD untuk gas adalah 1mD. Pada batuan dasar reservoir dianggap sebagai batuan metamorfik ataupun batuan beku yang tumpang-tindih tak selaras oleh batuan sekunder batuan sedimen. Karakteristik keras dan *brittle* dengan porositas matrik dan permeabilitas yang rendah. Namun biasanya porositas yang berkembang adalah porositas sekunder yang menurut asal muasalnya akibat pergeseran tektonik akibat sirkulasi hidrotermal dan pelarutan pada zona pelapukan.

### 3. *Caprock*

Batuan penyekat yang bersifat tidak permeable seperti batu lempung atau mudstone, anhydrite dan garam (Dewantoro,2015).

## IV. METODELOGI PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dilakukan pada 02 Oktober – 26 Oktober 2018 di Badan Geologi Kementrian ESDM, Pusat SurveiGeologi (PSG) Jl. Diponegoro No.57, Bandung 40122 dan Laboratorium Geofisika, Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung. Adapun waktu dan kegiatan penelitian. terdapat pada (Tabel 1) sebagai berikut :

**Tabel 1.** Waktu dan Kegiatan Penelitian

No	Bentuk Pengolahan	Bulan Ke-			
		1	2	3	4
1	<i>Study literatur</i>				
2	<i>Preprosessing Data</i>				
3	<i>Prosesing Data</i>				
4	Koreksi Pergeseran Statik				
5	Pemodelan Inversi 1D dan 2D				

### B. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan pengolahan data magnetotellurik (MT) dengan jumlah titik sebanyak 14 titik dan data *sekunder gravity* ABL. Data pengukuran MT yang digunakan adalah data lapangan pada daerah *petolium system*, Propinsi Kalimantan Barat hasil penelitian Badan Geologi Kementrian ESDM, Pusat SurveiGeologi (PSG).

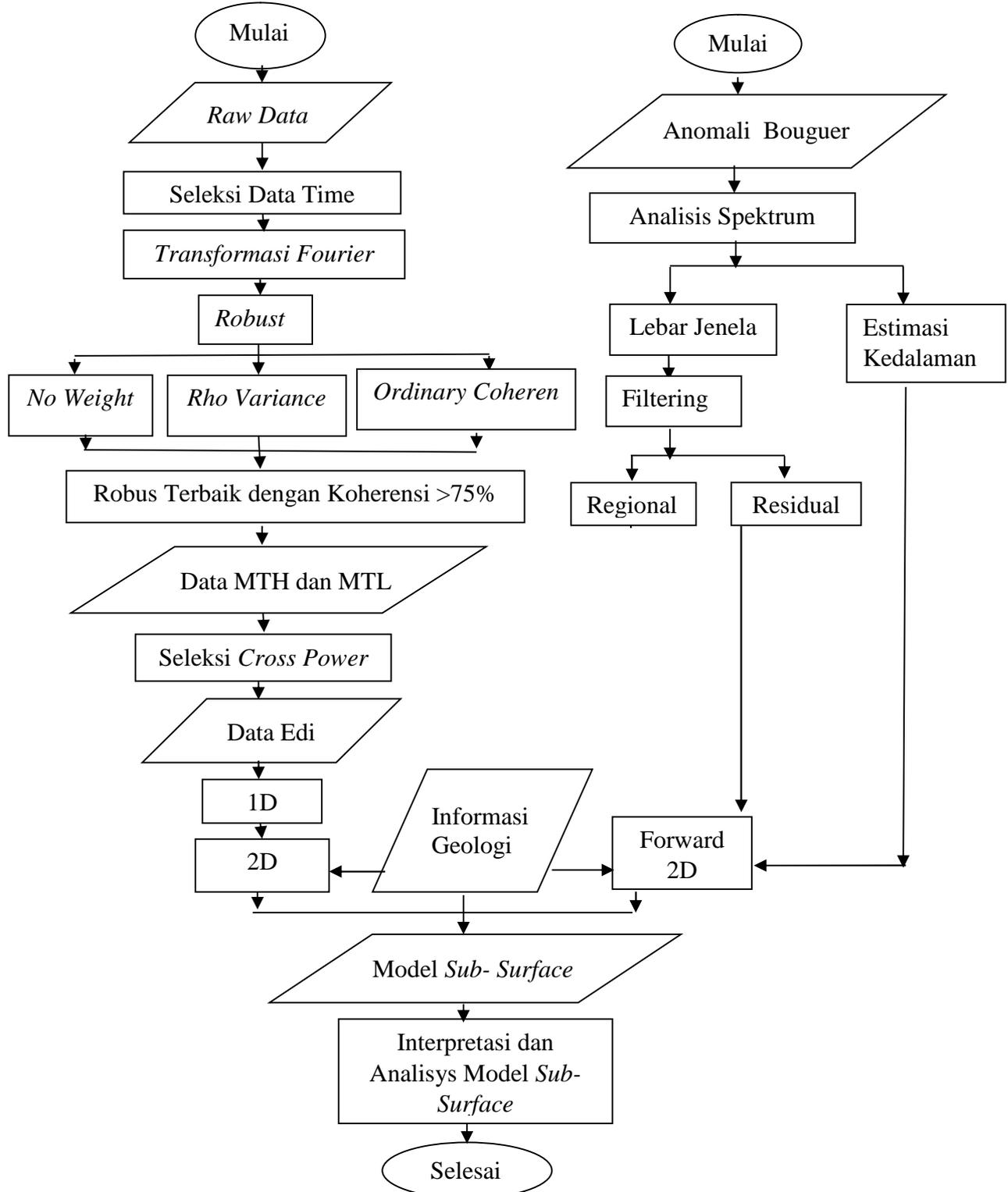
### **C. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop *Asus X550Z*
2. *Software Synchro Time Series View*
3. *Software SSMT2000*
4. *Software MTEditor*
5. *Software WinGlink*
6. *Software Microsoft Word dan Microsoft Excel 2007*
7. *Software Surfer 12*
8. *Software Numeri*
9. *Software Microsoft Word dan Excel 2017*
10. *Geosoft Oasis Montaj 6.4.2*

#### D. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah seperti pada (**Gambar 6**):



**Gambar 8.** Diagram Alir

### E. Prosedur Pengolahan Data Magnetotellurik

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) yaitu data MT daerah Pasaman. Hasil data yang diperoleh dari perekaman MT adalah berupa data mentah berupa deret waktu (*time series*), terbagi menjadi tiga band dengan ekstensi TS3, TS4, TS5, TBL, CLB dan CLC. Data tersebut merupakan input yang akan dimasukkan ke dalam *software SSMT2000* untuk dilakukan *Transformasi Fourier* yaitu perubahan data dalam domain *time series* menjadi data dalam domain frekuensi sehingga dapat diketahui nilai impedansinya.

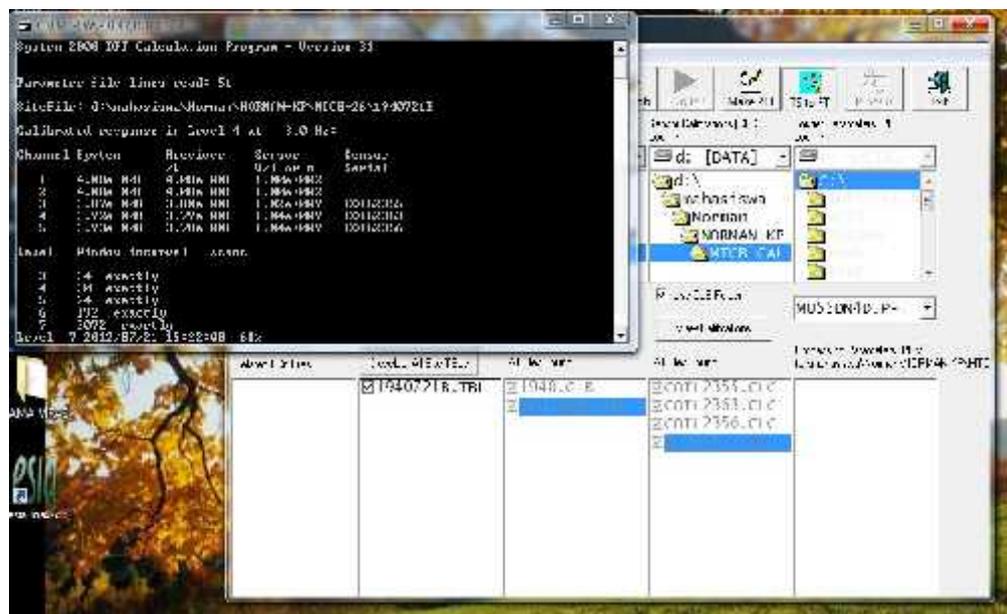
Data tersebut merupakan data yang masih mengandung *noise*, untuk mereduksi *noise* dapat dilakukan dengan melakukan *Robust Processing*. Format data diubah menjadi data dengan format MTH dan MTL. Hasil dari perubahan domain *time series* menjadi domain frekuensi yaitu berupa *apparent resistivity* dan *apparent phase*. Data dalam bentuk frekuensi ditampilkan dalam bentuk kurva dan dilakukan *editan* kurva agar menjadi *smooth* dengan *software MTEditor*, format data harus diubah menjadi *EDI file*.

Pengolahan selanjutnya yaitu melakukan inversi 1D untuk mengetahui lapisan bawah permukaan dan inversi 2D untuk mendapatkan penampang resistivitas baah permukaan dengan menggunakan *software WinGlink*. Setelah mendapatkan penampang resistivitas, proses selanjutnya yaitu melakukan interpretasi dengan mengkombinasikan hasil nilai resistivitas penampang 2D dengan informasi geologi daerah penelitian.

## 1. Transformasi *Fourier* (*FFT*)

Data yang dihasilkan dari perekaman alat MT berupa *time series*, untuk melakukan pengolahan selanjutnya dilakukan perubahan data dari domain *time series* ke domain frekuensi untuk mendapatkan nilai resistivitas dan *phase*. Perubahan data *time series* ke frekuensi dapat dilakukan dengan transformasi *Fourier* pada *software SSMT2000*.

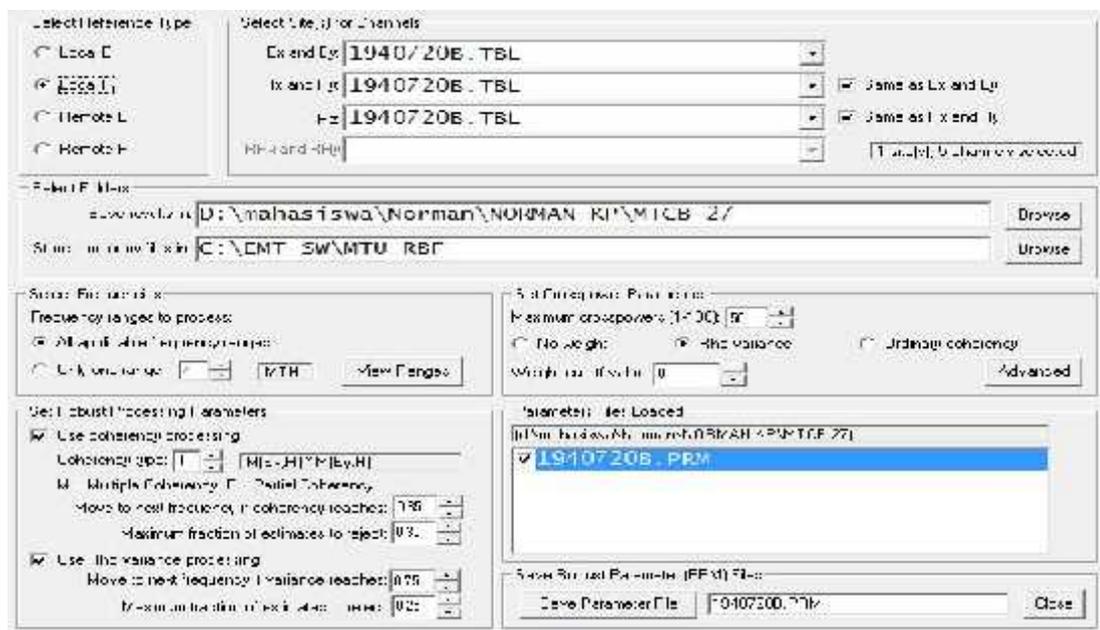
Untuk melakukan transformasi *fourier* pada *software SSMT2000* dengan cara mengisi parameter proses transformasi pada *Make Parameter Fourier Transform (Make PFT)*, kemudian lakukan transformasi dengan mengklik TS-FT. Secara matematis fungsi untuk melakukan proses transformasi *Fourier* yang berupa *FFT* dengan menggunakan (**Persamaan 4**).



**Gambar 9.** Proses *FFT*

## 2. Robust Processing

Data yang telah menjadi domain frekuensi masih terdapat *noise*, untuk mereduksi *noise* atau *filtering noise* perlu dilakukan *robust processing*. *Robust processing* memiliki tiga tipe, yaitu *robust no weight*, *rho variance* dan *ordinary coherency*. *Robust no weight* merupakan proses *robust* yang tidak memberikan pembobotan pada data, *robust rho variance* yang memberikan pembobotan bernilai besar pada data *outlayer* yang memiliki *error* kecil sehingga tidak terlalu mempengaruhi nilai koherensi. *Robust ordinary coherency* merupakan proses *robust* yang memberikan bobot lebih besar pada data yang terekam pada koil dan sensor antara *channel E* dan *H*. Setelah melakukan ketiga *robust* tersebut, selanjutnya menghitung nilai koherensi masing-masing *robust*. Nilai koherensi dapat diketahui secara kuantitatif dengan mengekspor data dari file MTH. MTL.



**Gambar 10.** Tampilan *Setting Robust Processing Upgrade*

### 3. Seleksi *Time Series*

Data mentah hasil pengukuran di lapangan merupakan data medan elektromagnetik yang terekam terhadap waktu. Pengukuran MT yang dilakukan selama 1 hari penuh menyebabkan data yang diperoleh untuk satu stasiun cukup panjang. Dari panjangnya data yang diperoleh tersebut, tidak semua data merupakan data yang baik. Kemungkinan adanya *noise* dalam data masih sangat besar terjadi. *Noise* tersebut dapat mempengaruhi nilai koherensi yang diperoleh, untuk mendapatkan nilai koherensi yang besar dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya dengan seleksi *time series*.

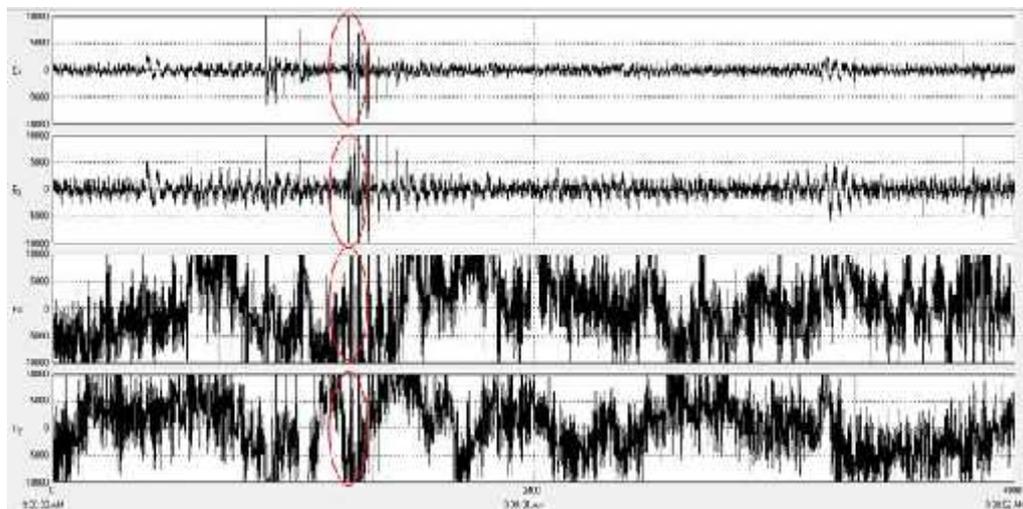
Seleksi *time series* digunakan untuk filtrasi *noise* dengan menggunakan *software Synchro Time series Viewer*. *Synchro Time series Viewer* merupakan program yang berfungsi untuk melihat dan memperkirakan *time series* mana saja yang mengandung *noise* dan tidak mengandung *noise*.



**Gambar 11.** Tampilan *Software Synchro Time series Viewer*

Pemilihan data *time series* ini penting untuk dilakukan, karena ketika data yang dipilih untuk diolah adalah data yang tidak bagus, maka hasil kurva MT yang dihasilkan pun berkemungkinan besar menjadi tidak memiliki *trend* yang *smooth* dan mempengaruhi nilai koherensi.

Seleksi *time series* dilakukan dengan menginput nilai masing-masing TS3, T4 dan T5, untuk masing-masing TS memiliki ketentuan yang berdebat dalam melakukan seleksi *time series*. Untuk TS3 dan TS5 dapat melihat panjang amplitudo pada Ex, Ey, Hx dan Hy harus menyentuh ujung atas dan bawah *windows* masing-masing Ex, Ey, Hx dan Hy. sedangkan untuk TS4 hanya salah satu dari komponen E dan H yang menyentuh ujung atas dan bawah *windows*.



**Gambar 12.** Seleksi *Time Series*

Setelah melakukan *time series*, maka dilakukan proses *robust* kembali dan menghitung koherensi data yang telah di seleksi. Kemudian dilanjutkan pada seleksi *cross power*.

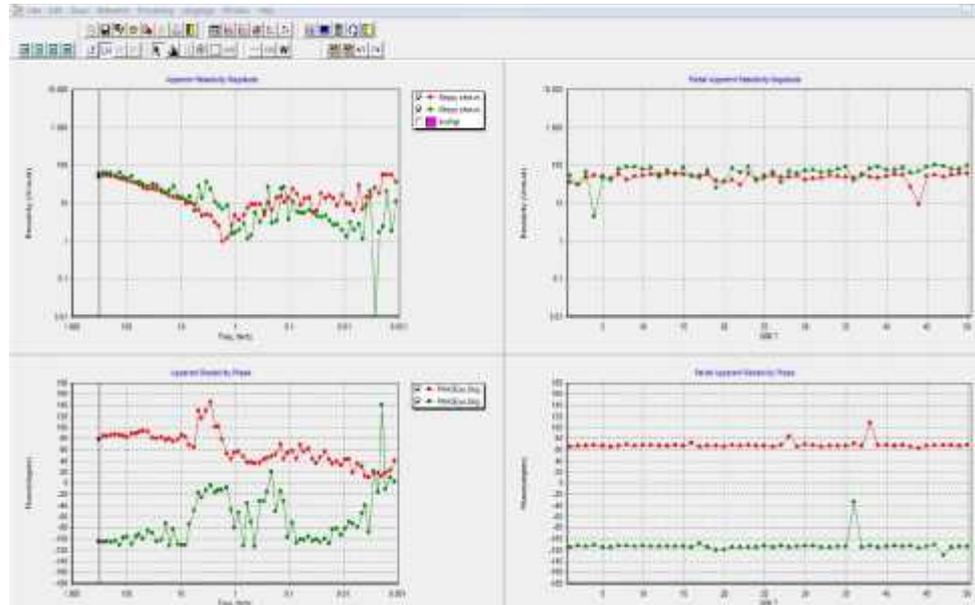
### 3. Seleksi *Cross power*

Setelah memperoleh data dalam domain frekuensi maka data tersebut dapat dibuka dalam program *MTEditor*. Data tersebut ditampilkan dalam bentuk 2 kurva MT yaitu kurva frekuensi vs *apparent resistivity* dan kurva frekuensi vs *phase*. Kurva yang ditampilkan masih acak atau belum teratur. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses seleksi *cross power* untuk memperoleh kurva MT yang lebih baik lagi.

Pada umumnya *cross power* yang digunakan yaitu 20, 60 dan 100, pada tampilan **Gambar 13**. Terlihat jumlah *cross power* sebanyak 50. Penentuan *cross power* tersebut dapat dilakukan dengan mengedit jumlah *cross power* pada saat *robust processing*. *Cross power* merupakan kumpulan data parsial yang berupa pasangan nilai resistivitas dan fase dengan frekuensi yang sama. Proses seleksi *cross power* bertujuan untuk memilih dan memilah data yang paling sesuai dan menghasilkan *trend* kurva resistivitas dan fase yang *smooth* dan baik. Banyaknya *cross power* menentukan banyaknya data parsial, sehingga pada saat pengeditan semakin banyak *cross power* yang digunakan maka akan semakin detail pembagian data resistivitas dan fase.

Proses *editing* terdiri dari dua cara yaitu dilakukan secara otomatis maupun manual. Proses edit dilakukan dengan menekan *Toolbar Editing*. Untuk proses *editing* yang lebih efisien maka dilakukan *autoediting* terlebih dahulu lalu kemudian manual edit. *Autoedit* merupakan fasilitas yang disediakan *MTEditor* dimana diduga data yang di *KILL* bukan merupakan data namun merupakan *noise*. Biasanya untuk data yang relatif

bagus setelah *autoedit* sudah mulai *smooth*, namun untuk data yang lebih *complicated* perlu dilakukan *manual edit*. *Manual edit* dilakukan dengan

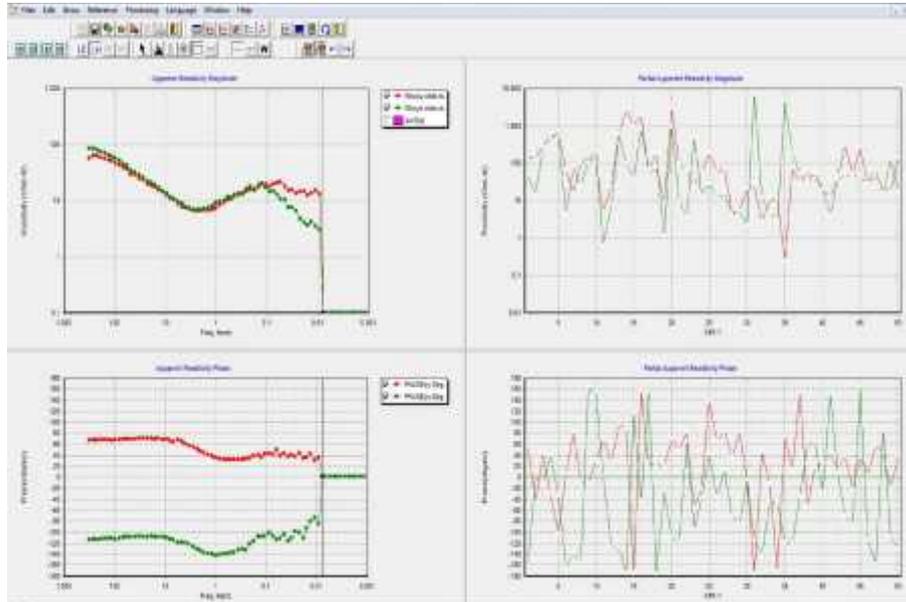


**Gambar 13.** Kurva Sebelum Seleksi *Cross Power*

mengklik satu demi satu yang dirasa bukan merupakan data. Setelah berwarna putih, hal ini berarti proses *KILL* berhasil.

Idelanya pada saat menyeleksi *cross power* harus mendapatkan kurva yang *smooth* dengan nilai koherensi atau kualitas data yang tinggi. Untuk mendapatkan kurva yang diinginkan serta kualitas data yang baik hal yang perlu diperhatikan yaitu dengan melihat besar sudut *trend* dan pembobotan tahanan jenis. Besar sudut yang diperoleh dari kurva tidak boleh lebih dari  $45^\circ$ , dikarenakan harus disesuaikan dengan asumsi *homogeny isotropis*. Untuk pembobotan tahanan jenis dapat dilihat dengan mengaktifkan *AvWgt* maka akan muncul pembobotan yang berwarna ungu di bawah kurva. Besar kecilnya pembobotan akan mempengaruhi

kualitas data, untuk meminimalisir mendapatkan kualitas data yang rendah maka pembobotan dengan nilai yang kecil harus di matikan.

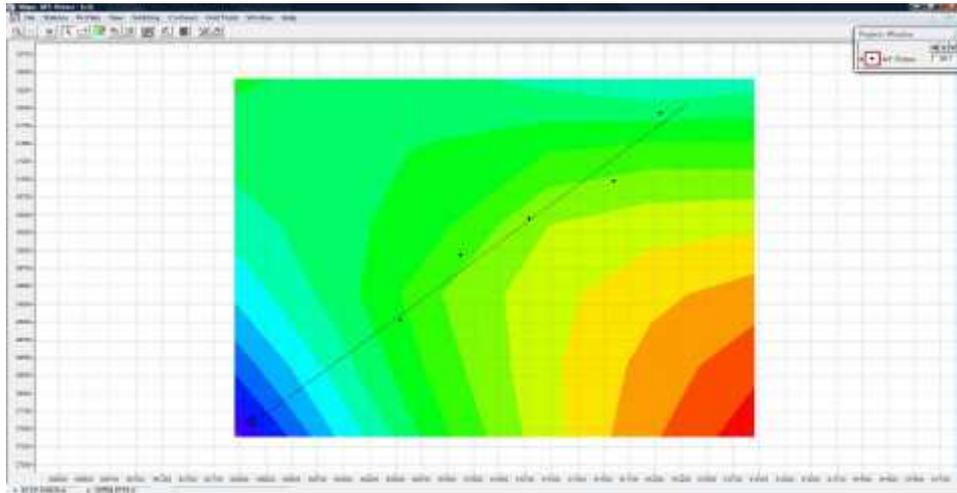


**Gambar 14.** Kurva Setelah Seleksi *Cross Power*

Setelah melakukan seleksi *cross power* selanjutnya melakukan *convert* data yang tersimpan dalam format *.mpk* menjadi *.EDI file* untuk melanjutkan ke proses inversi.

#### 4. Inversi

Inversi merupakan kegiatan untuk mendapatkan model kondisi bawah permukaan, proses inversi dilakukan dengan menggunakan software *WinGlink*. Proses inversi 2D merupakan proses pemodelan distribusi resistivitas bawah permukaan dalam bentuk 2 dimensi (*profile*). Oleh karenanya, untuk memulai inversi 2D diperlukan pembuatan peta untuk melihat persebaran titik pengukuran serta melakukan pendefinisian lintasan terlebih dahulu yaitu menentukan jumlah lintasan untuk inversi dan mendefinisikan stasiun mana saja yang masuk ke dalam lintasan tersebut.



**Gambar 15.** Tampilan *Maps*

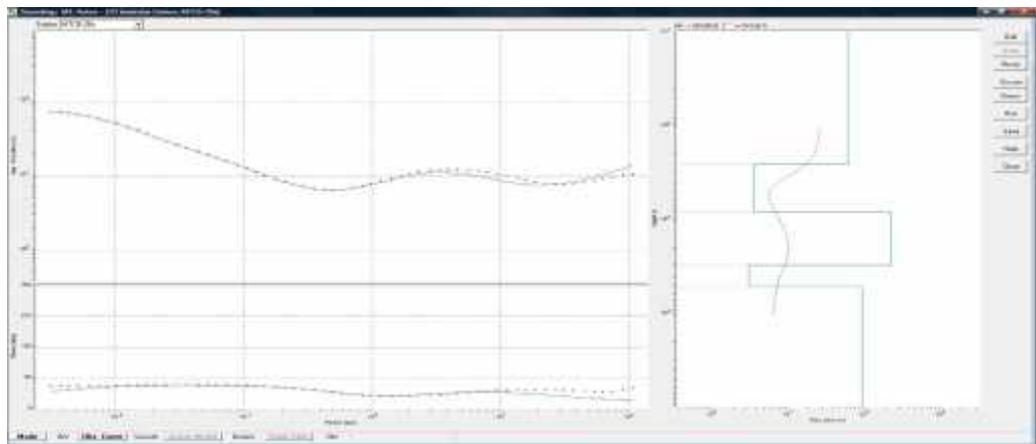
Pada **Gambar 15.** terdapat lintasan, dimana lintasan tersebut ditentukan dengan melihat sebaran masing-masing titik dan membuat lintasan sesuai dengan titik yang saling berdekatan. Lintasan yang digunakan yaitu LINE1 terdiri dari 6 titik pengukuran.

Apabila telah membuat peta selanjutnya membuat pemodelan *sounding* yaitu model struktur 1D dimana pada pemodelan 1D ini dapat diketahui nilai resistivitas serta ketebalan masing-masing lapisan. Kurva yang ditampilkan masih sesuai dengan pengeditan pada *MTEditor*, untuk mendapatkan kurva yang lebih *smooth* maka dilakukan pengeditan kurva kembali pada kurva *sounding*. Pemodelan 1D dilakukan dengan menyeleksi data yang ingin digunakan kemudian melakukan *smoothing* kurva. Pengeditan kurva *sounding* ini akan mengubah *apparent resistivity* yang berasal dari kurva *editing MTEditor* menjadi *true resistivity* sehingga dapat mempermudah untuk tahapan interpretasi.



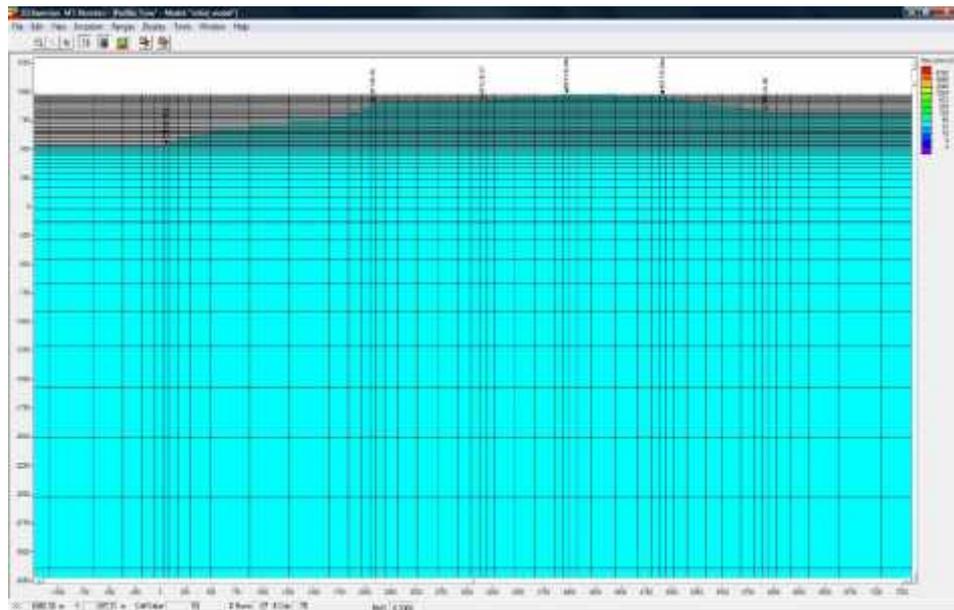
**Gambar 16.** *Editing Pemodelan Sounding 1D*

Setelah selesai pengeditan maka dilakukan inversi pemodelan 1D. pada pemodelan inversi 1D terdapat dua macam mode inversi occam dan bostick. Perbedaan pada metode keduanya ada pada batas *layer* yang akan ditampilkan pada inversi 1D. mode pada Occam memiliki batas layer pada 45 sehingga pada struktur yang akan dihasilkan akan lebih rapat sedangkan pada mode bostick batas layer pada 8 semakin banyak layer semakin berpengaruh pada *true resistivity* sehingga perlu pemilihan yang optimum.



**Gambar 17.** *Pemodelan Sounding 1D*

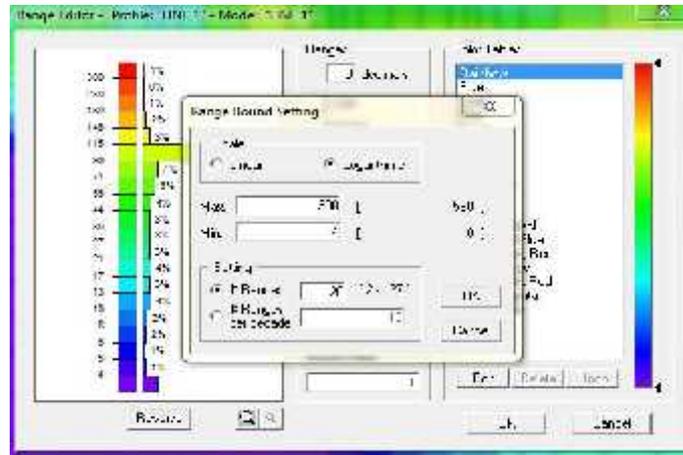
Selanjutnya melakukan inversi 2D, sebelum melakukan inversi harus membuat mest dan inisial model yang sudah disesuaikan dengan topografi pada daerah pengukuran. Pengaturan yang digunakan pada *New Mesh Resistivity Value* bisa dilihat pada nilai rata tengah pada kurva Rho yang memiliki nilai 50.



**Gambar 18.** Pemodelan *Sounding* 1D

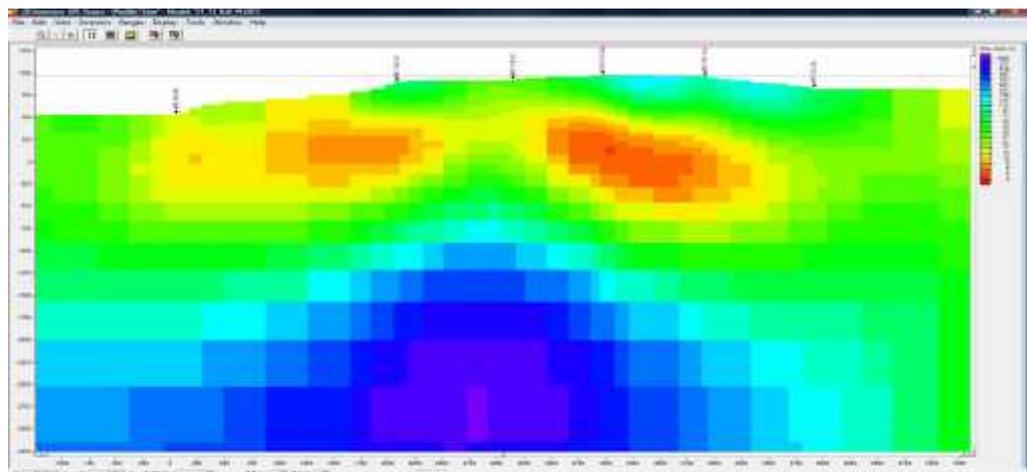
Pada metode 2D ini banyak parameter yang berpengaruh proses inversi dan menghasilkan model model yang berbeda untuk setiap parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan ada software winGlink terdapat parameter sebagai berikut tau, error data dan error floor yang mempengaruhi kurva pada true resistivity. menentukan jumlah iterasi yang diinginkan. Iterasi yang digunakan yaitu sebanyak 30. Setelah proses inversi selesai dilakukan, kemudian mengubah beberapa parameter hasil inversi 2D, yaitu mengubah tampilan warna, skala resistivitas diubah

menjadi *logarithmic*, menentukan batas maksimum dan minimum skala serta banyaknya range skala.



**Gambar 19.** Pengaturan Parameter Skala

Untuk menentukan batas area tampilan inversi 2D dapat diubah dengan mengatur batas atas, bawah, kanan dan kiri (batas *margin*), kita dapat menentukan batas tampilan pada *view area*. Pemilihan area ini dilakukan untuk menentukan batasan hasil inversi.



**Gambar 20.** Pengaturan Batas Tampilan Inversi 2D

Jenis inversi yang digunakan yaitu *Nonlinier Conjugate Gradient* (NLGC) dengan jumlah iterasi sebanyak 30. Apabila semua prosedur

pengolahan telah dilakukan maka selanjutnya melakukan intrerpretasi dengan mengkombinasikan hasil penampang resistivitas 2D yang di dapatkan dengan informasi geologi daerah penelitian.

#### **F. Prosedur Pengolahan Data Gaya Berat**

Seperti halnya dengan data MT pada data gayabarat dalam penelitian ini juga adalah data sekunder hasil digitasi peta anomali bouguer daerah Sanggau. Anomali bouguer dianggap telah melalui pengolahan yang baik sebelumnya berdasarkan koreksi-koreksi yang seharusnya dilakukan. Dengan hasil digitasi anomali buguer yang cukup baik, telah terlihat. struktur dari kemunculan anomali rendah dan tinggi yang ada, namun tetap perlu dilakukan beberapa pengolahan berikutnya berupa penentuan anomali regional dengan *low pass filter* dan penentuan anomali residual dengan *hight pass filter*. Hasil dari anomali regional dan residual ini dapat menunjukkan persebaran jenis batuan pada kedalaman tertentu. Adapun truktur patahan diidentifikasi dengan melakukan proses SVD (*Second Vertical Derivative*) sedangkan arahnya ditunjukkan dari hasil gradient yang pada penelitian ini dilakukan pada dua arah yaitu *North East* dan *North West*. Selanjutnya pada lain proses dilakukan *forward modeling* dari anomali bouguer sebanyak dua sayatan yang kemudian disinkronkan dengan data model 2D MT.

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Setelah dilakukan interpretasi, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil interpretasi 2 dimensi data magnetotellurik diketahui mendapatkan kedalaman setiap line berada pada 10 Kilometer dengan nilai RMS Error 2,15% pada line 1 dan 1,41 pada line 2 dengan demikian pemodelan 2 dimensi magnetotellurik mendekati model sebenarnya karena nilai RMS errornya dibawah 5%.
2. Daerah penelitian memiliki rentang nilai anomali pada peta Anomali Bouguer Lengkap 11,7mGal sampai 33,1mGal pada peta Anomali Regional nilai 32,2mGal sampai 12,2mGal dan pada Anomali Residual anomali dengan nilai -1,2mGal sampai 0,8mGal.
3. Dibawah lapisan top soil pada daerah penelitian memiliki nilai densitas 2.4 gr/cc dan nilai resistivitas 0-100 Ohm.m diperkirakan merupakan batu lempung yang diperkirakan sebagai *caprock* dengan umur sekitar tersier pada kedalaman 2000 m dari permukaan. Tahanan jenis rendah tersebut diperkirakan merupakan formasi Tola yang arah penyebarannya kearah selatan.

4. Lapisan selanjutnya memiliki nilai emiliki nilai densitas 2.45 gr/cc dan nilai resistivitas 100-1000 Ohm.m yang diperkirakan batuan sedimen dan serpih, sehingga diketahui ini merupakan reservoir. Lapisan ini berada formasi pendawa dengan umur sekitar awal mezosoikum pada kedalaman 3000 – 4000 m dari permukaan. Dibawah lapisan ini diduga merupakan sousrock pada daerah penelitian dengan nilai resistivitas >1000 Ohm.m dan nilai densitas 2. 5 gr/cc diduga merupakan batu pasir atau serpih.
5. Hasil pada lintasan gayaberat dengan nilai SVD 0 ditafsirkan bahwa terdapat graben dilihat pada lintasan 2 dan terdapan sesar naik pada lintasan 1 sehingga diketahui ini merupakn jalur migrasi pada daerah penelitian.

## **B. Saran**

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya menambahkan data logging serta gradien geotermal untuk mengetahui susunan stratigrafi pada daerah penelitian sehingga meningkatkan akurasi pada interpretasi data magnetotelurik dan data gaya berat.
2. Diperlukannya penambahan data gaya berat lebih rapat sehingga anomali yang didapat lebih teliti serta pada data magnetotellurik ditambah beberapa

line sehingga bisa lebih memperjelas persebaran anomali secara resistivitas untuk mengetahui petroleum sistem daerah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amriyah Q., 2012, *Pemodelan Data Magnetotellurik Multidimensi Untuk Mendelineasi Sistem Geotermal Daerah Tawau, Malaysia*, Skripsi Studi Fisika-FMIPA, Depok : Universitas Indonesia.
- Daud Y., 2010, *Electromagnetic Methode: Success Story in Geothermal Exploration and Possibility for Hydrocarbon Exploration*, Diktat Kuliah, Depok : FMIPA UI.
- Dewanto, O., 2016, *Buku Ajar Geologi minyak dan gas bumi*, Lampung: Universitas Lampung.
- Goldberg S. & Rotstein, Y., 1982, *A Simple Form Of Presentation Of Magnetotelluric data using The Bostick Transform*, *Geophysical Prospecting*, Institute for Petroleum Research and Geophysics, Holon, Israel.
- Panjaitan S. dan Subagio, 2015, *Prospek Sumber Daya Energi Berdasarkan Analisis Anomali Gaya Berat Di Daerah Biak dan Sekitar Papua*, *Jurnal Geologi Kelautan Vol.13 no.2 :Pusat Survei Geologi Bandung*.
- Octonovarilya L., 2009, *Analisa Perbandingan Anomali Gravitasi dengan persebaran intrusi air asin (Studi kasus Jakarta 2006-2007)*, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vo.10 No.1 :AMG*.
- Rulia C., 2012, *Pengolahan Data Magnetotellurik 2-Dimensi Pada Lapangan Panasbumi Marana, Sulawesi Tengah*, Skripsi Studi Fisika-FMIPA, Depok : Universitas Indonesia.

- Simpson F. & Karsten, B., 2005, *Practical Magnetotellurics*, Cambridge : Cambridge University Press.
- Sarkowi, M., 2011, Diklat Kuliah: Metode Eksplorasi Gayaberat, Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Suparno S., 2007, *Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi*, Departemen Fisika-MIPA, Depok: Universitas Indonesia.
- Supriatna, S., U. Margono, Sutrisno, F.de Keyser, R.P. Langford dan D.S. Trail, 1993. *Peta Geologi Lembar Sanggau, Kalimantan Skala 1:250.000*. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suwarna, N., Sutrisno, F. de Keyser, R.P. Langford dan D.S. Trail, 1993. *Peta Geologi Lembar Singkawang, Kalimantan Skala 1:250.000*. Pusat Bandung, Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Susilawati. 2005. *Reduksi dan Interpretasi Data Gravitasi\_e-USU Repository*.
- Telford W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E., 2004, *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge : Cambridge University Press.
- Unsworth, 2006, *Overview of Electromagnetic Exploration Methods*, University of Alberta.
- Vozoff K., 1991, The Magnetotelluric method, *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics-Application, Geophysics, Vol. 2, SEG Publishing*.