

IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN MENGUNAKAN METODE MAGNETOTELLURIK 2D DI DAERAH CEKUNGAN BINTUNI SEBAGAI POTENSI HIDROKARBON

**Ririn Yulianti^{*1}, Syamsurijal Rasimeng¹, Karyanto¹, Hidayat²,
Noor Muhammad Indragiri²**

¹⁾ Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1, Bandar Lampung 35145

²⁾ Pusat Survei Geologi (PSG)

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung 40115

³⁾ Jurusan Teknik Geofisika, FT UNILA

e-mail: ^{*1}ririnryl2@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian metode Magnetotellurik (MT) dilakukan pada daerah prospek hidrokarbon di Cekungan Bintuni, Propinsi Papua Barat. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi struktur bawah permukaan berdasarkan penampang resistivitas 2 dimensi. Proses pengolahan data penelitian ini antara lain; (i) proses transformasi data dari domain waktu ke domain frekuensi dengan transformasi *Fourier*. (ii) proses filtering dengan robust, dimana robust ini terdiri dari tiga jenis yaitu *Robust No Weight*, *Robust Rho Variance* dan *Robust Ordinary Coherency*. (iii) seleksi XPR dan format data diubah menjadi *EDI file*. (iv) inversi untuk mendapatkan model penampang resistivitas 2D. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berdasarkan penampang resistivitas 2D yaitu pada formasi Klasafet memiliki nilai resistivitas yaitu 1 – 20 Ωm pada kedalaman 0 hingga 1000 meter di bawah permukaan dengan litologi sebagai batu lempung yang diidentifikasi sebagai *caprock*, pada formasi Kemblengan nilai resistivitas 20 – 90 Ωm pada kedalaman 3500 meter di bawah permukaan dengan litologi batu pasir gampingan yang diidentifikasi sebagai reservoir, pada formasi Kemun nilai resistivitas 20 – 32 Ωm pada kedalaman 6000 meter di bawah permukaan dengan litologi batu pasir yang diidentifikasi sebagai *basement*.

ABSTRACT

Magnetotelluric research was done in hydrocarbon prospect area of Bintuni basin, West Papua province. The purpose of this research is to identify hydrocarbon prospect in subsurface structure using 2D resistivity section. Data processing step for the research are; (i) Data transformation from time domain to frequency domain using Fourier transformation. (ii) Filtering process using Robust No Weight, Robust Rho Variance and Robust Ordinary Coherency. (iii) XPR selection and formatting data into EDI file. (iv) 2D resistivity section modeling using inversion. The result of this research based on 2D resistivity section in Klasafet formation have resistivity value about 1 – 20 Ωm . From 0 until 1000 meter below the surface the main lithology is claystone that identified as caprock. Kemblengan formation have resistivity value about 20 – 90 Ωm in 3500 meter under surface with main lithology lime-sandstone and identified as a reservoir. Tipuma formation have resistivity value about 0.62 – 2 Ωm in 8000 meter under surface with main lithology claystone. Kemun formation have resistivity value about 20 – 32 Ωm in 6000 meter under surface with main lithology sandstone and identified as a basement.

Keywords—2D Magnetotelluric, Hydrocarbon, Reservoir.

1. PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya tingkat populasi manusia di suatu negara dan kebutuhan energi sebagai pemenuhan kebutuhan manusia yang semakin bertambah menyebabkan pasokan energi semakin banyak. Salah satu sumber energi yang paling berpengaruh bagi suatu negara yaitu minyak dan gas bumi. Keberadaan dan penyebaran minyak bumi dipengaruhi oleh keadaan geologi setempat dan didapatkan dalam suatu cekungan sedimen.

Salah satu daerah di Indonesia yang memiliki potensi keberadaan hidrokarbon yaitu Pulau Secara geologi Pulau Papua merupakan hasil tumbukan Lempeng Australia dengan Lempeng Pasifik yang berlangsung dari Miosen Awal hingga sekarang. Akibat adanya tumbukan tersebut sehingga struktur geologi dan bentuk Pulau Papua membentuk cekungan-cekungan yang diidentifikasi memiliki keberadaan hidrokarbon.

Salah satu cekungan yang dibuktikan dengan kaya akan kandungan fosil-fosil di daerah Papua yaitu Cekungan Bintuni. Maka dari itu pada penelitian ini dilakukan di kawasan cekungan Bintuni untuk mengetahui bagaimana struktur bawah permukaan cekungan yang tersebut dan untuk eksplorasi lanjut.

Untuk mengoptimalkan eksplorasi minyak bumi perlu dilakukan kegiatan studi geofisika dan geologi untuk mengetahui karakteristik struktur bawah permukaan. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan yaitu metode Magnetotellurik (MT). Metode magnetotellurik merupakan metode elektromagnetik pasif yang memanfaatkan sumber magnet (H) dan medan listrik (E) dalam bumi untuk menentukan konduktivitas bawah permukaan bumi.

Dalam penentuan karakteristik struktur bawah permukaan dengan metode magnetotellurik 2D terdapat langkah-langkah yang perlu dilakukan. Pertama-

tama melakukan transformasi *Fourier* untuk mengubah data domain waktu ke domain frekuensi, melakukan *filtering noise* dengan *robust processing*, seleksi cross power, melakukan inversi 1D dan inversi 2D.

Penentuan karakteristik bawah permukaan untuk menentukan identifikasi struktur bawah permukaan yang berpotensi hidrokarbon dilakukan dengan menganalisis penampang resistivitas 2D yang telah dihasilkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan pemodelan penampang resistivitas inversi 2D data magnetotellurik Cekungan Bintuni.
2. Mengetahui nilai resistivitas dan ketebalan lapisan batuan bawah permukaan.
3. Mengidentifikasi struktur geologi batuan potensi hidrokarbon berdasarkan penampang resistivitas 2D data magnetotellurik.

2. TINJAUAN PUSTKA

2.1 Geologi Regional

Lokasi penelitian ini terletak di area Teluk Bintuni di Kabupaten Papua Barat, Provinsi Papua yang dibatasi oleh luasan Cekungan Bintuni. Lokasi penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**. Secara geografis lokasi penelitian berada pada $1^{\circ} 42' 41.8''$ S – $2^{\circ} 12' 22.6''$ LS dan $133^{\circ} 23' 7.9''$ E – $134^{\circ} 08' 42.2''$ BT.

Dengan kelompok geologi yang ada di daerah tersebut berupa kelompok tersier berupa formasi Steenkool dengan litologi batu pasir dan lempung, formasi Klasafet dengan litologi batu pasir dan lempung, *New Guinea Limestone* dengan litologi batu gamping dan lempung. Kelompok

pretersier berupa formasi Kembelengan dengan litologi batu pasir gampingan dan lempung, formasi Tipuma dengan litologi batu lempung, serta formasi Kemum dengan litologi batu pasir.

Geomorfologi Papua Barat mengalami deformasi pada umur Tersier Akhir, pada masa ini terjadi proses transgresi yang besar yang berarah barat daya dan berakhir pada *New Guinea Mobile Belt*, sehingga berbentuk kepala dan leher burung. Tataan geologi daerah KB dibentuk oleh adanya kompresi pada umur Paleogen tepatnya Oligose-Resen (Marten, 2012). Fisiografi daerah ini dipengaruhi oleh sebaran batuan serta keadaan strukturnya. Setiap satuan fisiografi mencerminkan batuan tertentu. Robinson dkk., (1990) telah mengelompokkan rupa bumi di Teluk Bintuni ke dalam dua empat fisiografi, yaitu : dataran rendah, perbukitan rendah, perbukitan bergelombang dan dataran alluvial.

Cekungan Bintuni terbentuk saat Tersier Akhir yang mengalami perkembangan selama Plio-Pleistosen bersamaan dengan pengangkatan pegunungan lipatan Lengguru (*Lengguru Foldbelt*) di sebelah timur dan Tinggian Kemum sebelah utara (Pigram dan Sukanta, 1981). Kolom stratigrafi daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Geologi Papua dipengaruhi dua elemen tektonik besar yang saling bertumbukan dan serentak aktif **Gambar 3**. Struktur regional Papua terdapat pada **Gambar 4** dan elemen tektonik kepala burung Papua terdapat pada **Gambar 5**.

Tektonik Papua, secara umum dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu Badan Burung atau Papua bagian timur dan Kepala Burung atau Papua bagian barat. Kedua bagian ini menunjukkan pola kelurusan barat-timur yang ditunjukkan oleh Tinggian Kemum di Kepala Burung dan Central Range di Badan Burung. Kedua pola ini dipisahkan oleh Jalur Lipatan Anjakan Lengguru berarah baratdayatenggara di daerah Leher Burung

dan juga oleh Teluk Cenderawasih (Dow dan Sukanto, 1984).

3. TEORI DASAR

3.1 Dasar Metode Magnetotellurik

Metoda magnetotellurik (MT) merupakan salah satu metoda eksplorasi geofisika yang memanfaatkan medan elektromagnetik alam. Medan EM 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), *solar wind* yang mengandung partikel-partikel bermuatan listrik berinteraksi dengan medan magnet permanen bumi sehingga menyebabkan variasi medan EM (Vozoff, 1991).

3.2 Persamaan Maxwell

Pada metode MT menggunakan beberapa persamaan, salah satunya yaitu persamaan Maxwell. Persamaan Maxwell merupakan sintesa hasil-hasil eksperimen (empiris) mengenai fenomena listrik – magnet yang didapatkan oleh Faraday, Ampere, Gauss, Coulomb disamping yang dilakukan oleh Maxwell sendiri. Dalam bentuk diferensial, persamaan Maxwell dalam domain frekuensi dapat dituliskan sebagai berikut:

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

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (1b)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = q \quad (1c)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (1d)$$

dimana:

\vec{E} : vektor medan listrik (volt/m)

\vec{B} : vektor fluks atau induksi magnetik (weber/m² atau tesla)

\vec{H} : vektor medan magnet (ampere/m)

\vec{J} : vektor rapat arus (ampere/m²)

\vec{D} : vektor perpindahan listrik (coulomb/m²)
 q : rapat muatan listrik (coulomb/m³)
 (Telford, dkk., 2004).

3.3 Skin Depth

Pada metode MT terdapat *skin depth*. Besaran *skin depth* digunakan untuk memperkirakan kedalaman penetrasi atau kedalaman investigasi gelombang elektromagnetik. Adapun *skin depth* dalam metode Magnetotellurik dapat dituliskan dalam (Persamaan 2) berikut ini:

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (2)$$

Dimana δ adalah kedalaman penetrasi (m), ρ adalah resistivitas medium (ohm.m). Sementara f adalah nilai frekuensi dari gelombang EM tersebut (Simpson dan Karsten, 2005).

3.4 Metode Pengukuran MT

Dalam metode pengukuran MT, terdapat dua metode pengukuran yang dapat membantu dalam proses pemodelan atau interpretasi tahap awal, yaitu antara lain:

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*.

2. Transverse Magnetic Mode

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

(Unsworth, 2006)..

3.5 Pengolahan Data MT

Pengolahan data MT dilakukan dari data mentah berupa *time series* sampai diperoleh nilai resistivitas semu dan fase. Teori yang digunakan pada proses pengolahan data MT diantaranya

1. *Fourier Transform* untuk mengubah data *time series* domain menjadi *frequency* domain menggunakan (Persamaan 3) :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (3)$$

(Rulia, 2012).

2. *Robust processing* yang berguna sebagai filter *noise* awal. *Robust processing* adalah teknik pemrosesan statistical yang menggunakan bobot iterative dari residual untuk mengidentifikasi dan menghapus data yang menyimpang oleh *noise* (Rulia, 2012).
3. Menghitung nilai dari impedansi. fungsi transfer magnetotellurik untuk memperoleh tensor impedansi adalah sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix} \quad (4)$$

Resistivitas semu untuk lapisan Bumi diperoleh dari (Persamaan 5):

$$\rho_a = \frac{1}{\omega \mu} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (5)$$

Bagian diagonal dari impedansi tensor untuk pendekatan bumi 2-D adalah nol:

$$Z = \begin{bmatrix} 0 & Z_{xy} \\ Z_{yx} & 0 \end{bmatrix}$$

dimana

$$Z_{xy} = Z_{TE} = \frac{E_x}{H_y} \quad (6a)$$

$$Z_{yx} = Z_{TM} = \frac{E_y}{H_x}$$

(6b)

Dengan demikian, nilai resistivitas semu dapat didefinisikan sebagai :

$$\rho_{xy} = \frac{1}{\omega \mu} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (7a)$$

$$\rho_{yx} = \frac{1}{\omega \mu} \left| \frac{E_y}{H_x} \right|^2 \quad (7b)$$

sedangkan fase, dapat didefinisikan sebagai :

$$\phi_{xy} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{im}(\frac{E_x}{H_y})}{\text{re}(\frac{E_x}{H_y})} \right) \quad (8a)$$

$$\phi_{yx} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{im}(\frac{E_y}{H_x})}{\text{re}(\frac{E_y}{H_x})} \right) \quad (8b)$$

(Dewi, 2012).

4. Melakukan inversi 1 dimensi dengan menggunakan metode inversi *Bostick* dan inversi *Occam* sedangkan inversi 2 dimensi menggunakan metode inversi *Nonlinear Conjugate Gradient* (NLCG) (Amriyah, 2012).

3.6 Petroleum System

Petroleum system merupakan sebuah sistem yang menjadi panduan utama dalam eksplorasi hidrokarbon. Sistem ini digunakan untuk mengetahui keadaan geologi dimana minyak dan gas bumi terakumulasi (Koesoemadinata, 1980).

1. Batuan Sumber
Batuan sumber adalah batuan yang merupakan tempat minyak dan gas bumi terbentuk. Pada umumnya batuan sumber ini berupa lapisan serpih (*shale*) yang tebal dan mengandung material organik.
2. Migrasi
Migrasi adalah perpindahan hidrokarbon dari batuan sumber melewati rekahan dan pori-pori batuan waduk menuju tempat yang lebih tinggi.
3. Batuan Reservoir
Batuan reservoir merupakan batuan berpori atau retak-retak, yang dapat menyimpan dan melewatkan fluida.
4. Lapisan penutup
Lapisan penutup merupakan lapisan pelindung yang bersifat tak permeabel yang dapat berupa lapisan lempung, shale yang tak retak, batugamping pejal atau lapisan tebal dari batuan garam.
5. Perangkap (*trap*)
Secara geologi perangkap yang merupakan tempat terjebaknya minyak dan gas bumi dapat dikelompokkan

dalam tiga jenis perangkap, yaitu perangkap struktur, perangkap stratigrafi dan perangkap kombinasi dari keduanya.

4. METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kerja praktek ini adalah sebagai berikut:

- Laptop Acer Aspire 4732
- Software *Synchro Time Series View*
- Software *SSMT2000*
- Software *MTEditor*
- Software *WinGlink*
- Software *Microsoft Word* dan *Microsoft Excel 2007*

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Proses Transformasi *Fourier* (*FFT*)

Data yang dihasilkan dari perekaman alat MT berupa *time series*, untuk melakukan pengolahan selanjutnya dilakukan pengubahan data dari domain *time series* ke domain frekuensi untuk mendapatkan nilai resistivitas dan *phase*. Pengubahan data *time series* ke frekuensi dapat dilakukan dengan transformasi *Fourier* pada software *SSMT2000* ditunjukkan pada **Gambar 6**.

4.2.2 *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*. Proses *robust* ditunjukkan pada **Gambar 7**.

Setelah melakukan ketiga *robust* tersebut, selanjutnya menghitung nilai

koherensi masing-masing *robust*. Untuk nilai koherensi yang tertinggi dilakukan *robust processing upgrade*. Kemudian hitung kembali nilai koherensi *robust processing upgrade*, apabila nilai koherensi $\geq 75\%$ maka dapat dilanjutkan ke tahapan proses selanjutnya. Tetapi apabila nilai koherensi $\leq 75\%$ maka dilakukan *combine*. Settingan *robust processing upgrade* ditunjukkan pada **Gambar 8**.

4.2.3 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* ditunjukkan pada **Gambar 9**.

4.2.4 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. Kurva sebelum dilakukan seleksi ditunjukkan pada **Gambar 10a** Kurva setelah dilakukan seleksi ditunjukkan pada **Gambar 10b**.

4.2.5 Inversi

Inversi merupakan kegiatan untuk mendapatkan model kondisi bawah permukaan, proses inversi dilakukan dengan menggunakan *software WinGlink*. Inversi dilakukan dengan 2 tahapan, yaitu inversi 1 dimensi yang ditunjukkan pada **Gambar 11** untuk mengetahui nilai resistivitas serta ketebalan masing-masing lapisan. Yang kedua yaitu inversi 2 dimensi untuk mendapatkan penampang resistivitas 2 dimensi untuk dilakukan interpretasi.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Pengamatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder Magnetotellurik di kawasan Cekungan Bintuni yang terletak di Pulau Papua bagian barat. Pada penelitian ini menggunakan data pengukuran sebanyak 1 lintasan dengan jumlah titik pengukuran MT sebanyak 5 titik. Waktu pengukuran MT dilakukan selama ± 12 jam. Arah lintasan pengukuran yaitu timurlaut – baratdaya.

Pengolahan data yang dilakukan bertujuan untuk mengurangi atau mereduksi *noise* pada data telah dilakukan dengan hasil yang baik. Dari 5 titik memiliki nilai koherensi berbeda – beda ditunjukkan pada **Tabel 1**. dan telah ditingkatkan menggunakan tiga pengolahan *robust processing* ditunjukkan pada **Tabel 2**, kemudian dilakukan *upgrade robust* ditunjukkan pada **Tabel 3**. Untuk koherensi di bawah 75% dilakukan seleksi *time series* pada **Tabel 4**.

Pada **Tabel 4**. terlihat nilai koherensi setelah dilakukan seleksi *time series* bertambah atau naik. Tetapi terdapat tiga titik dengan nilai koherensi masih dibawah 75%. Setelah melakukan seleksi *time series*, semua titik pengukuran baik dengan nilai koherensi di atas 75% maupun di

bawah 75% dilanjutkan melakukan proses seleksi *cross power*. Tahap seleksi *cross power* dilakukan dengan mengedit atau *smoothing* kurva *apparent resistivity* dan *phase*.

Dari ke-5 data tersebut, masing-masing kurva memiliki kualitas data yang berbeda-beda. kriteria dari kualitas kurva MT dilihat berdasarkan *trend* dan *error bars*. Terdapat 4 kriteria dari kualitas kurva MT yaitu, *Excelent*, *Very Good*, *Good* dan *Fair*. Pembagian kelompok dari masing-masing kurva terdapat pada **Tabel 5**.

Setelah mendapatkan kurva yang lebih *smooth* hasil dari seleksi *cross power*, maka dilakukan perhitungan kembali nilai koherensi dari masing-masing data. Hasil yang didapatkan yaitu terdapat pada **Tabel 6**.

5.2 Pembahasan

5.2.1 Hasil Inversi 1D

Pada inversi 1D akan menghasilkan kurva ketebalan lapisan beserta nilai resistivitas sebenarnya masing-masing lapisan. Kurva inversi 1D ini ditunjukkan pada **Tabel 7** hingga **Tabel 11**.

5.2.2 Hasil Inversi 2D

Inversi 2D terdiri dari satu lintasan dengan jumlah titik pengukuran sebanyak 5 titik dengan kedalaman sampai dengan 10000 meter di bawah permukaan.

Pemodelan 2D dimaksudkan untuk mengekstraksi informasi yang terkandung dalam data untuk memperkirakan distribusi tahanan jenis di bawah permukaan melalui model-model. Model hasil penampang inversi 2D terdapat pada **Gambar 12**.

Untuk mengetahui informasi distribusi tahanan jenis di bawah permukaan melalui model-model penampang 2D, perlu dilakukan korelasi antara informasi geologi daerah penelitian dari peta geologi lembar Ransiki dengan hasil penampang inversi

2D MT seperti pada **Gambar 13**. dan nilai tahanan jenis dari suatu batuan seperti pada **Tabel 12**.

Bersadarkan hasil interpretasi pada **Gambar 13**, pada daerah penelitian ini dari arah Baratdaya-Timurlaut yaitu pada bagian permukaan terdapat endapan tersier, dimana pada endapan tersier ini terdapat formasi Steenkool didominasi batu pasir dan batu lempung, formasi Klasafet di dominasi dengan batu pasir atau di dominasi batu lempung yang dibedakan dengan besar nilai resistivitas.

Di bawah endapan tersier terdapat endapan *New Guinea Limestone*, berdasarkan penelitian terdahulu endapan *limestone* pada *petroleum system* di Cekungan Bintuni dengan *range* nilai resistivitas tinggi merupakan endapan yang memiliki potensi sebagai *reservoir*. Berdasarkan *petroleum system* cekungan Bintuni untuk batuan *reservoir* pada cekungan ini terbagi menjadi dua jenis yaitu berupa batu pasir pada formasi Kemblengan dan batu gamping pada endapan *New Guinea Limestone*.

Di bawah endapan *New Guinea Limestone* terdapat endapan pretersier. Endapan pretersier terdiri dari formasi Kemblengan di dominasi batu pasir gampingan dengan nilai resistivitas tinggi dan formasi Tipuma di dominasi batu lempung dengan nilai resistivitas rendah. Endapan pretersier dengan nilai tahanan jenis yang rendah merupakan endapan yang memiliki potensi sebagai *sourcerock* pretersier di Cekungan Bintuni. Kemudian di bawah endapan pretersier formasi Kemum merupakan *basement*.

Penampang resistivitas 2D yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan informasi geologi berdasarkan interpretasi geologi daerah penelitian dan nilai resistivitas batuan. Penampang resistivitas 2D terdapat pada **Gambar 14**.

Lintasan titik pengukuran MT ini memotong 2 lokasi rembesan minyak, yaitu titik BN05 dan BN06 yang dapat dilihat pada **Gambar 14**. Pada titik BN06 terdapat singkapan batuan yang diduga

pernah menjadi menjadi tempat keluarnya minyak (*migration*) ditandai dengan adanya singkapan yang rekah dan terisi oleh jejak hidrokarbon yang terlihat pada **Gambar 15**. Singkapan yang terbentuk dengan litologi batu pasir dengan nilai resistivitas 50 – 100 Ωm .

Pada **Gambar 14**. Terlihat minyak tidak terperangkap di dalam *reservoir* dikarenakan adanya struktur yang mengontrol keluarnya minyak di permukaan. Tempat potensi migas terperangkap ditunjukkan dengan adanya klosur yang terbentuk, yaitu pada klosur berbentuk *horst*.

Berdasarkan penampang resistivitas 2D terdapat endapan tersier dengan beberapa formasi yang terendapkan, yaitu formasi Klasafet dengan nilai resistivitas rendah yaitu 1 – 20 Ωm dari kedalaman 0 hingga 1000 meter di bawah permukaan dengan litologi batu lempung diidentifikasi sebagai *caprock*. Pada endapan *New Guinea Limestone* terdapat formasi Imskin dengan nilai resistivitas yang cukup rendah yaitu 0.62 – 6 Ωm dari kedalaman sekitar 1000 hingga 3500 meter di bawah permukaan dengan litologi batu lempung. Pada endapan pretersier ini terdapat dua formasi yang terbentuk yaitu formasi Kemblengan memiliki nilai resistivitas batuan yang besar yaitu 20 – 90 Ωm dengan litologi batu pasir gampingan diduga sebagai *reservoir* yang terdapat pada kedalaman sekitar 3500 meter di bawah permukaan. Formasi kedua yaitu formasi Tipuma memiliki nilai resistivitas batuan yang rendah antara 0.62 – 2 Ωm dengan litologi batu lempung yang terdapat pada kedalaman sekitar 8000 meter di bawah permukaan.

Dibawah formasi Tipuma terdapat formasi Kemum dengan nilai resistivitas batuan yang rendah yaitu antara 4 – 20 Ωm dengan litologi batu lempung dan nilai resistivitas batuan yang tinggi yaitu antara 20 – 32 Ωm yang dengan litologi batu pasir merupakan *basement* dari Cekungan

Bintuni terdapat pada kedalaman sekitar 6000 meter di bawah permukaan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemodelan penampang resistivitas inversi 2D sebanyak 1 lintasan memiliki nilai *RMS error* sebesar 1.8574% terdiri dari 5 titik data dengan kualitas data yang berbeda – beda, antara lain untuk data yang *excellent* terdiri dari titik BN01 dan BN03, *very good* terdiri dari titik BN05, *good* terdiri dari titik BN04 dan *fair* terdiri dari titik BN06.
2. Formasi Klasafet memiliki nilai resistivitas 1 – 20 Ωm pada kedalaman 0 hingga 1000 meter di bawah permukaan dengan litologi batu lempung, formasi Imskin nilai resistivitas 0.62 – 6 Ωm pada kedalaman 1000 hingga 3500 meter di bawah permukaan dengan litologi batu lempung, formasi Kemblengan nilai resistivitas 20 – 90 Ωm pada kedalaman 3500 meter di bawah permukaan dengan litologi batu pasir gampingan, pada formasi Tipuma nilai resistivitas 0.62 – 2 Ωm pada kedalaman 8000 meter di bawah permukaan dengan litologi batu lempung, pada formasi Kemum nilai resistivitas 20 – 32 Ωm pada kedalaman 6000 meter di bawah permukaan dengan litologi batu pasir.
3. Struktur bawah permukaan yang diidentifikasi yaitu didapatkan adanya formasi hidrokarbon yang di Cekungan Bintuni berdasarkan penampang resistivitas 2D adalah batu lempung pada formasi Klasafet diduga sebagai *caprock*, batu pasir gampingan pada formasi Kemblengan diduga sebagai *reservoir*, batu pasir pada

formasi Kemum diduga sebagai basement.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu dalam pengukuran data Magnetotellurik perlu dilakukan pengulangan pengukuran pada data yang tergolong buruk agar pada saat pemrosesan data mendapatkan hasil maksimal. Dikarenakan apabila pengukuran dilakukan kurang maksimal maka data yang akan dihasilkan pun tidak begitu baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriyah, Q., 2012, *Pemodelan Data Magnetotellurik Multidimensi Untuk Mendelineasi Sistem Geotermal Daerah Tawau, Malaysia*, Skripsi Studi Fisika-FMIPA, Depok : Universitas Indonesia.
- Dewi, R., 2012, *Pemrosesan Data Magnetotellurik Dengan Memperhitungkan Faktor Kalibrasi Menggunakan Matlab*, Skripsi Studi Fisika-FMIPA, Depok : Universitas Indonesia.
- Dow, D. B., & Sukanto, R., 1984, Western Irian Jaya: the end-product of oblique plate convergence in the Late Tertiary, *American Association of Petroleum Geologists, Also published in Bulletin of the Geological Research and Development, Centre, Indonesia*.
- Hamilton, W. R., 1979, Tectonics of the Indonesian Region, *Geological Survey Professional Paper*, US.
- Koesoemadinata, R. P., 1980, *Geologi Minyak dan Gas Bumi*, Jilid 1, ITB.
- LEMIGAS, 2005, *Kuantifikasi Sumberdaya Hidrokarbon Cekungan Bintuni*, LEMIGAS, Jakarta,
- Marten, R., 2012, *Lithology and Fluid Prediction refresher, The Use (and Abuse) of Geophysics in Hydrocarbon Exploration and Development*, BP Indonesia, Unpublished.
- Pigram, C. J., & Sukanta, U., 1981, *Report on the geology of the Taminabuan sheet area. Indonesian Geological Research and Development Centre, Open File Report*.
- Robinson, G. P., Ryburn, R. J., Harahap, B.H., Tobing, S.I., Achdan, A., Bladon, G.M. & Pieters, P.E., 1990, *Geologi Lembar Steenkool, Irian Jaya (Geology of the Steenkool Sheet area, Irian Jaya)*, Geological Research and Development Centre, Indonesia.
- 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.
- 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.

LAMPIRAN

Tabel 1. Nilai koherensi raw data

STATION	KOHERENSI RAW DATA		
	RV	OC	NW
BN01	90.1592	90.4375	88.3544
BN03	88.9836	88.8361	87.9948
BN04	58.117	59.966	43.9974
BN05	78.8826	80.5187	78.6339
BN06	63.9559	65.4299	62.916

Tabel 2. Nilai koherensi hasil *robust* terbaik

STATION	ROBUST TERBAIK		
	Rho XY	Rho YX	AVERAGE
BN01	91.04689	89.82814	90.4375155
BN03	92.92065	85.04649	88.9835721
BN04	64.75795	55.17402	59.9659861
BN05	85.80477	75.23273	80.5187495
BN06	65.38363	65.47614	65.4298826

Tabel 3. Nilai koherensi hasil *upgrading* *robust*

UPGRADING ROBUST			
ROBUST	Rho XY	Rho YX	AVERAGE
OC UP	91.0996	91.8170	91.4583
RV UP	93.8782	85.8454	89.8618
OC UP	70.2400	58.3380	64.2890
OC UP	85.7408	76.2312	80.9860
OC UP	67.4260	72.8206	70.1233

Tabel 4. Hasil koherensi seleksi *time series*

TS		
Rho XY	Rho YX	AVERAGE
-	-	-
-	-	-
83.77402	61.30295	72.53848536
-	-	-
73.31285	69.2556	71.28422606

Tabel 5. Pengelompokkan Kurva

PENGELOMPOKKAN KURVA			
EXCELENT	VERY GOOD	GOOD	FAIR
BN01	BN05	BN04	BN06
BN03			

Tabel 6. Hasil koherensi seleksi *cross power*

STATION	XPR			
	ROBUST	Rho XY	Rho YX	AVERAGE
BN01	OC UP	91.51804	92.79604	92.157039
BN03	RV UP	94.04963	85.85107	89.950348
BN04	OC UP	83.0623	59.62062	71.341459
BN05	OC UP	85.84945	76.29041	81.06993
BN06	OC UP	69.71217	66.19208	67.952125

Tabel 7. Resistivitas sebenarnya dan ketebalan lapisan pada titik BN01

Depth to Top (m)	Depth to base (m)	True resistivity (Ωm)	Lithology
0	92.14	16.41	Claystone
92.14	114.29	16.39	Claystone
114.29	154.71	8.65	Claystone
154.71	202.9	16.73	Claystone
202.9	244.28	7.89	Claystone
244.28	263.79	25.71	Sandstone
263.79	1991.02	6.47	Claystone
1991.02	10000	1.84	Claystone

Tabel 8. Resistivitas sebenarnya dan ketebalan lapisan pada titik BN03

Depth to Top (m)	Depth to base (m)	True resistivity (Ωm)	Lithology
0	49.92	8.15	Claystone
49.92	70.52	33.48	Sandstone
70.52	71.01	17.5	Claystone
71.01	176.2	6.47	Claystone
176.2	872.96	11.17	Claystone
872.96	2028.36	6.01	Claystone
2028.36	5056.34	0.62	Claystone
5056.34	10000	2.05	Claystone

Tabel 9. Resistivitas sebenarnya dan ketebalan lapisan pada titik BN04

Depth to Top (m)	Depth to base (m)	True resistivity (Ωm)	Lithology
0	74.72	19.75	Claystone
74.72	268.56	11.25	Claystone

268.56	279.81	16.51	Claystone
279.81	509.27	9.24	Claystone
509.27	1080.66	18.87	Claystone
1080.66	3522.34	1.65	Claystone
3522.34	4322.79	29.77	Sandstone
4322.79	10000	90.89	Sandstone

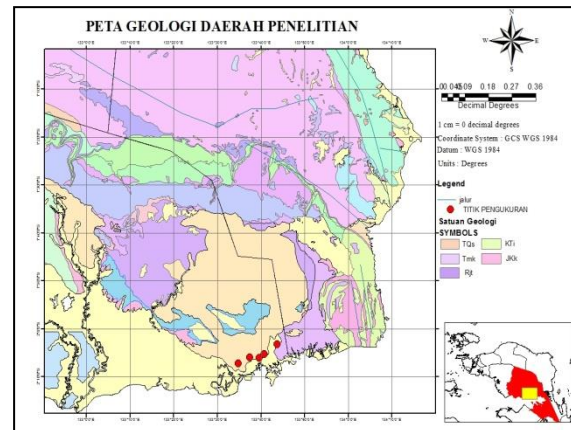
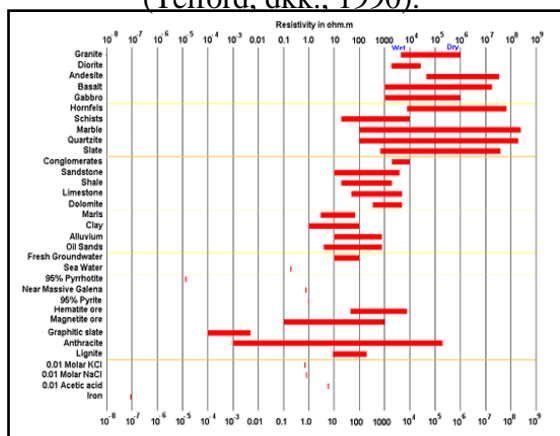
Tabel 10. Resistivitas sebenarnya dan ketebalan lapisan pada titik BN05

Depth to Top (m)	Depth to base (m)	True resistivity (Ωm)	Lithology
0	27.93	3.18	Claystone
27.93	47.94	9.73	Claystone
47.94	48.97	11.68	Claystone
48.97	112.76	4.35	Claystone
112.76	166.71	11.87	Claystone
166.71	375.01	21.32	Sandstone
375.01	439.29	5.68	Claystone
439.29	10000	4.08	Claystone

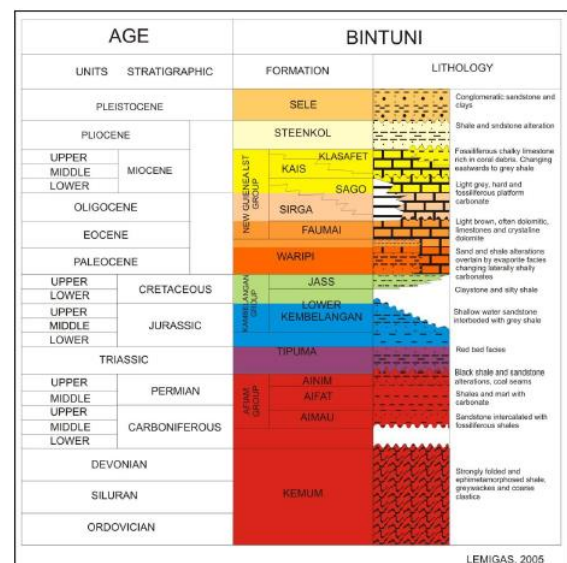
Tabel 11. Resistivitas sebenarnya dan ketebalan lapisan pada titik BN06

Depth to Top (m)	Depth to base (m)	True resistivity (Ωm)	Lithology
0	49.21	7.27	Claystone
49.21	67.33	18.94	Claystone
67.33	71.23	17.16	Claystone
71.23	132.43	7.17	Claystone
132.43	195.33	12.56	Claystone
195.33	1910.60	7.66	Claystone
1910.60	4598.23	3.70	Claystone
4598.23	10000	4.97	Claystone

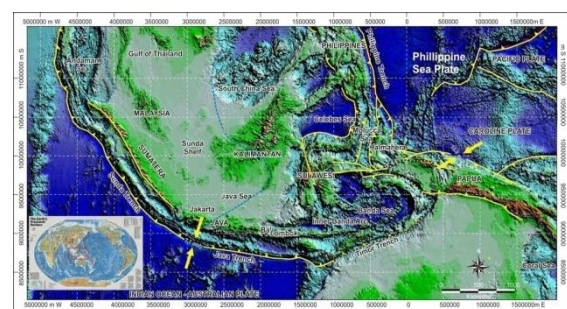
Tabel 12. Nilai resistivitas batuan (Telford, dkk., 1990).



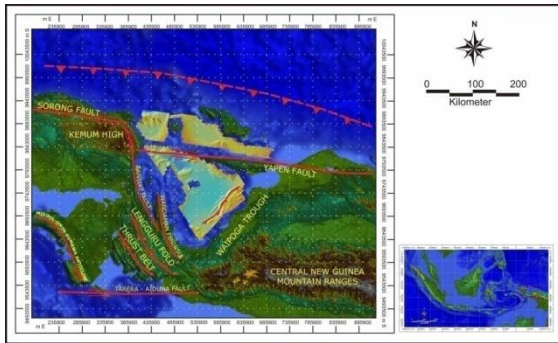
Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian (SRTM-90)



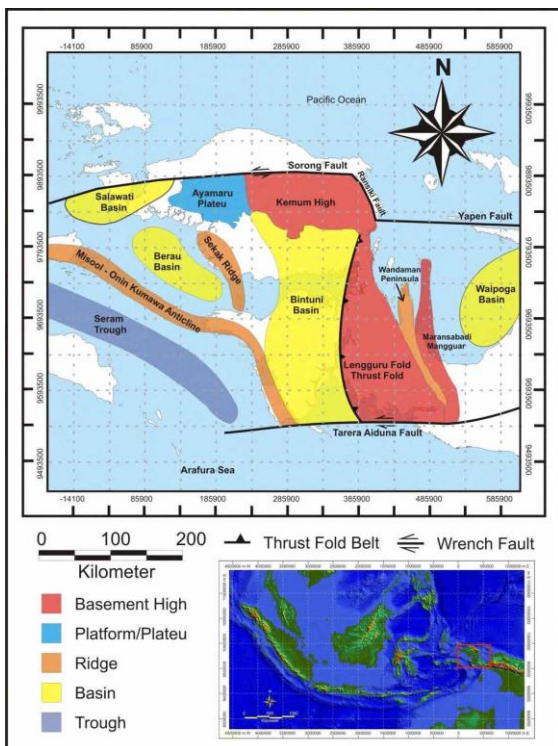
Gambar 2. Kolom Stratigrafi Cekungan Bintuni (LEMIGAS, 2005).



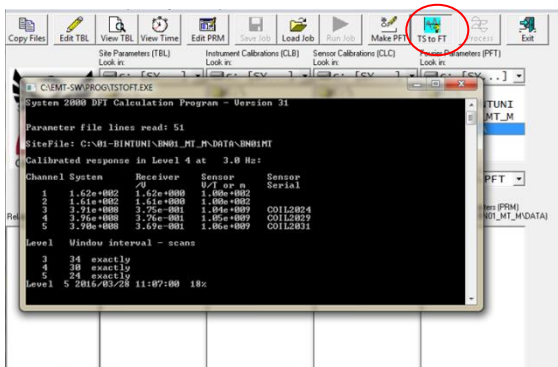
Gambar 3. Elemen tektonik Indonesia dan pergerakan lempeng tektonik (Hamilton, 1979).



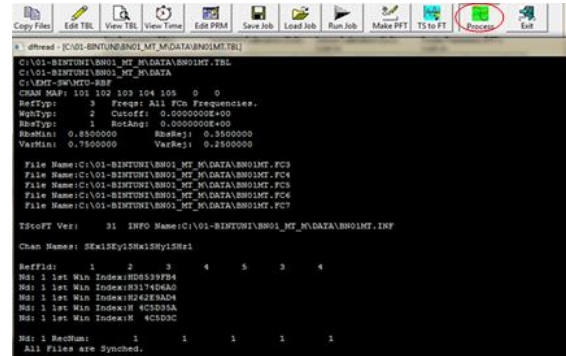
Gambar 4. Struktur Regional Papua (Dow dan Sukanto, 1984).



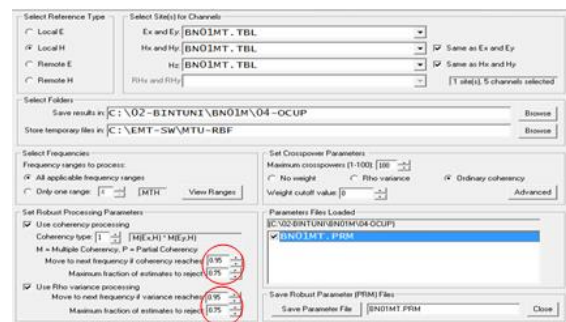
Gambar 5. Elemen Tektonik Kepala Burung (Pigram dkk., 1982).



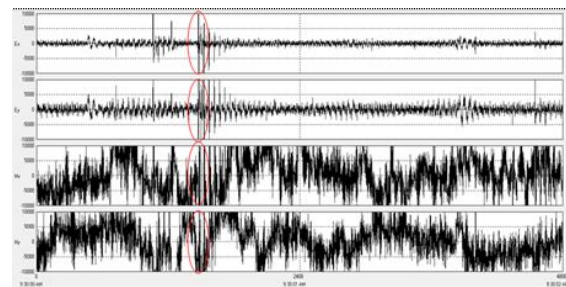
Gambar 6. Proses FFT



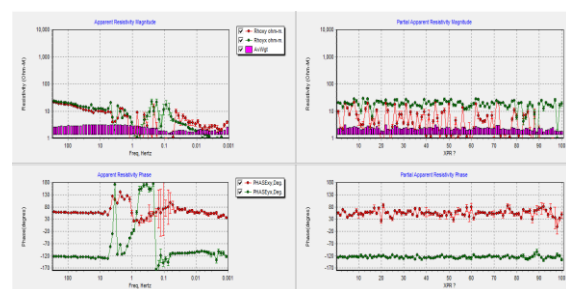
Gambar 7. Tampilan Robust Processing



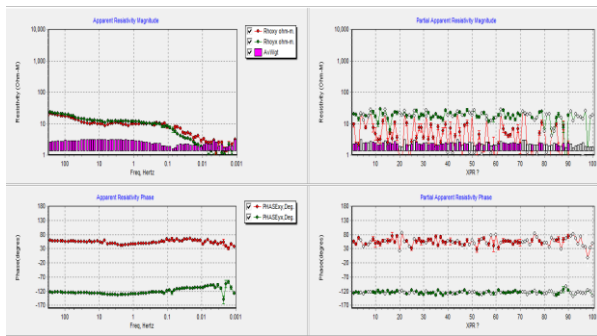
Gambar 8. Tampilan Setting Robust Processing Upgrade



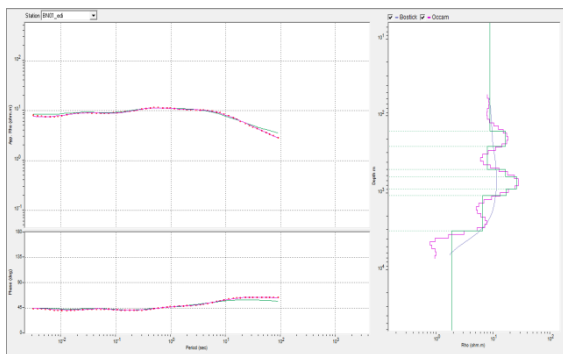
Gambar 9. Seleksi Time Series



Gambar 10a. Kurva Sebelum Seleksi Cross Power



Gambar 10b. Kurva Setelah Seleksi *Cross Power*



Gambar 11. Pemodelan *Sounding 1D*