



Studi Magnetotelurik (MT) untuk Mendelineasi Potensi Regional Gas Serpilh Bawah Permukaan Berdasarkan Properti Tahanan Jenis di Cekungan Kutai, Kalimantan Timur

Magnetotelluric (MT) Study to Delineate Regional Subsurface Mature Organic Shale Based on Its Electrical Properties in Kutai Basin, East Kalimantan

Hidayat, Ahmad Setiawan, J.B. Januar H. Setiawan, Andrian Ibrahim, Marjiyono, G.M. Lucki Junursyah

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jalan Diponegoro No. 57, Bandung

email : hidayathidayat01@gmail.com

Naskah diterima : 01 Februari 2021, Revisi terakhir : 25 Juni 2021 Disetujui : 25 Juni 2021, Online : 25 Juni 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.22.2.107-114p>

Abstrak-Telah dilakukan penelitian menggunakan metode magnetotelurik (MT) pada 40 titik lokasi pengukuran di sekitar Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Studi ini bermaksud untuk mengkarakterisasi keberadaan batuan induk untuk potensi gas serpilh berdasarkan nilai tahanan jenis. Guna memperoleh gambaran kondisi geologi bawah permukaan yang baik, pengolahan data secara objektif dilakukan agar memperoleh kualitas data MT terbaik. Beberapa teknik pengolahan data seperti *robust processing* dan seleksi *cross power* (XPR) diaplikasikan untuk memisahkan komponen data dari gangguan sehingga memperoleh gambaran bawah permukaan yang dapat dipercaya dari kedalaman yang relatif dangkal hingga sangat dalam melalui tahap pemodelan inversi 2-D. Model inversi terdiri dari 3 penampang vertikal, yaitu penampang A-B, C-D dan E-F dengan arah relatif barat – timur yang memotong Antiklinorium Samarinda dengan panjang lintasan berturut-turut ± 50 km, ± 48 km dan ± 32 km. Berdasarkan ketiga penampang vertikal tersebut, informasi sebaran anomali tahanan jenis rendah regional berhasil dipetakan yang selanjutnya ditafsirkan sebagai respon keberadaan batuan induk gas serpilh di bawah permukaan. Pada penampang A-B, bagian atas lapisan konduktif ini diperoleh pada kedalaman yang bervariasi pada rentang kedalaman 1000-5000 m di bawah permukaan. Sementara itu, lapisan konduktif pada penampang C-D diperoleh pada kedalaman yang bervariasi dengan rentang 1500-7000 m di bawah permukaan, sedangkan anomali serupa pada penampang E-F diperoleh pada sekitar kedalaman 2000-3000 m. Variasi kedalaman lapisan konduktif ini ditafsirkan akibat adanya struktur geologi berupa patahan dan lipatan di sepanjang ketiga penampang vertikal yang tercermin dari adanya Antiklinorium Samarinda di permukaan.

Katakunci: Cekungan Kutai, gas serpilh, magnetotelurik, tahanan jenis.

Abstract- We conducted a research using magnetotelluric (MT) method at 40 survey points around Kutai Basin, East Kalimantan. This study is aiming to characterize the presence of source rock for shale gas potential based on its electrical properties. To depict a reliable subsurface geological image, we performed MT data processing objectively to obtain the best quality data. We applied data processing such as *robust processing* and *cross power* (XPR) selection to separate data components away from noise components of MT signal. In this study, we obtained a reliable subsurface geological image from relatively shallow to a very deep depth through 2-D inverse modeling. Our 2-D inverse models consist of three vertical cross section i.e. A-B, C-D and E-F which relatively oriented in west to east direction and intersected Samarinda Anticlinorium with a section length of ± 50 km, ± 48 km and ± 32 km, respectively. Based on our three vertical sections, we obtain information on the regional distribution of low resistivity anomalies which then we interpret as a response to the presence of a mature source rock in our study area. In vertical cross section A-B, we obtained the top of this conductive layer at varying depths in the range of 1000-5000 m. Meanwhile, in the C-D vertical cross section we obtained it in a range of 1500-7000 m depth. Similar anomaly is also obtained at about 2000-3000 m depth in the E-F vertical cross section. We interpret the variation in the depth of this conductive layer as a result of the geological structure such as faults and folds along our three vertical cross sections, which is also reflected in the presence of Samarinda Anticlinorium on the surface.

Keywords: Kutai Basin, shale gas, magnetotelluric, resistivity.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Cekungan Kutai merupakan Cekungan sedimen Paleogen-Neogen terbesar dan terdalam di Indonesia (Rose & Hartono, 1971 dalam Mora dkk, 2001). Beberapa studi geologi dan geofisika (G&G) telah dilakukan untuk memetakan potensi gas serpih di sekitar area ini. Berdasarkan studi terbaru, sampel batuan dari beberapa lokasi di sekitar Cekungan Kutai telah diambil untuk dianalisis geokimia batuan. Berdasarkan analisis kekayaan material organik, sampel serpih hitam (*black shale*) dari Formasi Pamaluan memiliki kategori buruk hingga baik, sedangkan berdasarkan analisis kematangan melalui *rock-eval* dan *pyrolysis* menunjukkan bahwa beberapa sampel dari Formasi Pamaluan telah mencapai kematangan dengan kategori *mature* hingga *over-mature* (Zajuli & Wahyudiono, 2018).

Serpih hitam sendiri adalah batulempung berbutir halus yang berwarna gelap (Tyson, 1987). Warna gelap pada serpih merupakan karakter dari kandungan material organik pada serpih hitam dan menjadi pembeda utama dari endapan serpih pada umumnya. Serpih hitam diduga merupakan kemungkinan penyebab nilai anomali tahanan jenis rendah yang ditemukan pada mantel bagian atas bumi (Gaucher dkk., 1983; Loukola-Ruskeeniemi, 1989; Korja & Koivukoski, 1990). Rendahnya nilai tahanan jenis pada serpih hitam kemungkinan juga tidak terlepas dari tingginya thermal maturity (>400^o C). Naiknya temperatur menyebabkan berubahnya komposisi kimia dari *organic carbon* yang ditemukan pada serpih hitam yang menyebabkan turunnya nilai tahanan jenis batuan tersebut (Jodicke dkk., 1992). Studi terbaru yang dilakukan untuk menggambarkan lapisan serpih hitam di Afrika Selatan sebagai lapisan menerus dengan nilai tahanan jenis rendah yang berhasil dipetakan hingga ratusan kilometer (Weckmann dkk., 2007). Dari studi ini, pengukuran di laboratorium juga dilakukan terhadap sampel serpih hitam dan mengkonfirmasi bahwa nilai tahanan jenis rendah memang berasal dari beberapa sampel batuan dengan tingkat pematangan (*thermal maturation*) yang tinggi (Branch dkk., 2007; Adão dkk., 2015).

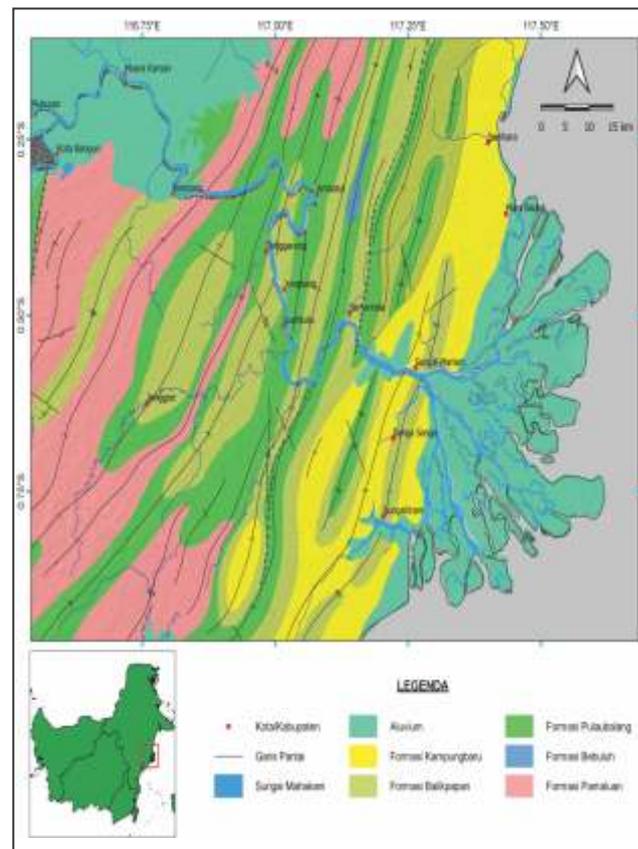
Berdasarkan beberapa hasil studi di atas, dapat diketahui bahwa serpih hitam di area Cekungan Kutai telah mencapai kematangan termal (*thermal maturity*), sehingga untuk mendelineasi potensi tersebut dapat dikarakterisasi berdasarkan nilai *electrical resistivity* rendah menggunakan metode magnetotelurik yang dapat memetakan struktur

geologi bawah permukaan berdasarkan nilai *electrical resistivity of rocks* dari kedalaman yang relatif dangkal hingga sangat dalam.

Geologi Regional Area Studi

Ditinjau dari struktur geologi regionalnya, Cekungan Kutai yang terletak di bagian tenggara dari Kraton Sunda (*Sunda Land*) dipengaruhi oleh tiga lempeng utama, yakni Eurasia, India-Australia, dan Pasifik. Kraton Sunda yang mengalami pengangkatan dan tererosi di kala Paleosen menjadi sumber klastik pengisi Cekungan Kutai yang terbentuk akibat dari adanya tektonik ekstensi di sepanjang Selat Makasar pada Oligosen Tengah (Moss & Chambers, 2000). Episode tektonik dilanjutkan dengan tektonik kompresi pada masa Miosen Awal yang membentuk Antiklinorium Samarinda dan pengangkatan pada *Kuching High* di sebelah barat Cekungan Kutai (Allen & Chambers, 1998). Pada masa Neogen, pengendapan berlangsung ke arah lepas pantai dan *Kuching High* berperan sebagai pemasok sedimen pada episode pengendapan ini.

Ditinjau dari stratigrafi regional (Gambar 1), urutan stratigrafi area studi ini dibagi berdasarkan peta geologi Lembar Samarinda (Supriatna & Rustandi, 1995).



Sumber: modifikasi dari Supriatna & Rustandi. (1995).

Gambar 1. Tataan geologi regional area survei magnetotelurik Cekungan Kutai. Area survei berada di zona struktur Antiklinorium Samarinda.

Urutan stratigrafi dari tua ke muda pada area studi dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Formasi Pamaluan yang diendapkan pada Oligosen – Miosen Awal, tersusun atas batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih hitam, batugamping dan batulanau yang berlapis sangat baik.
2. Formasi Bebuluh yang berumur Miosen Awal, tersusun atas litologi berupa batugamping terumbu dengan sisipan batugamping pasiran dan serpih hitam.
3. Formasi Pulaubalang terendapkan pada Miosen Tengah – Miosen Akhir, tersusun atas perselingan batupasir greywacke dan batupasir kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara dan tuf dasit.
4. Formasi Balikpapan terendapkan pada Miosen Tengah – Miosen Akhir, tersusun atas perselingan batupasir dan batulempung sisipan batulanau, serpih, batugamping dan batubara.
5. Formasi Kampungbaru yang berumur Pliosen, tersusun atas batupasir kuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, batulanau dan lignit, pada umumnya lunak, mudah hancur.
6. Aluvium hadir berupa kerikil, pasir, lumpur yang diendapkan pada lingkungan sungai, rawa delta dan pantai.

METODOLOGI PENELITIAN

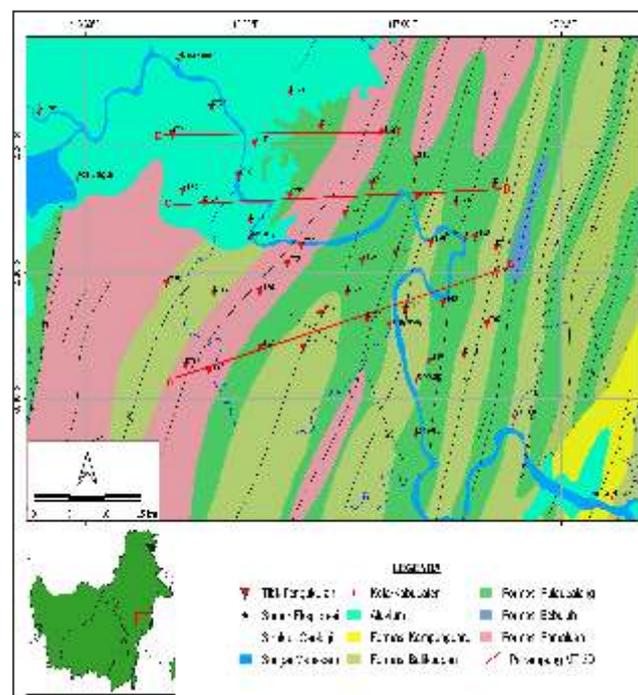
Data MT

Data magnetotelurik yang digunakan dalam studi ini terdiri dari 40 titik pengukuran yang merupakan data milik negara yang diakuisisi oleh tim survei magnetotelurik Cekungan Kutai, Pusat Survei Geologi pada tahun 2017. Sebaran titik pengukuran mencakup area sekitar 50 x 35 km² dengan jarak antar titik pengukuran berkisar antara 3 – 5 km (Gambar 2). Pengukuran MT dilakukan dengan menggunakan peralatan MTU 5A Phoenix geosystem dengan sensor magnetik MTC50 yang memiliki rentang frekuensi dari 320 Hz hingga 0.00034 Hz. Pengukuran data lapangan dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat gangguan elektromagnetik (EM) pada radius ± 1 km untuk memperoleh kualitas data yang baik.

Pengolahan Data MT

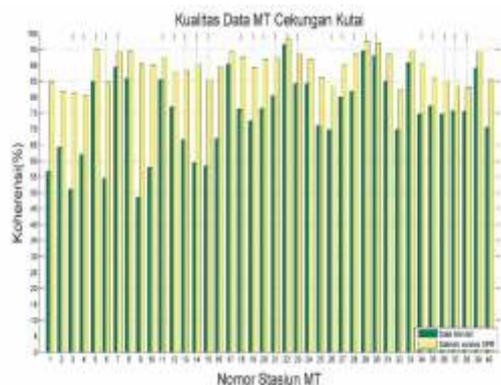
Hasil perekaman data MT yang merupakan deret

waktu terhadap amplitudo komponen sensor elektrik (Ex, Ey) dan magnetik (Hx, Hy dan Hz) terlebih dahulu ditransformasikan menjadi domain frekuensi, selanjutnya dilakukan pendekatan statistik (*robust processing*) untuk menghilangkan pengaruh gangguan (*noise*) terhadap data. Kedua tahap pengolahan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SSMT2000 (Phoenix Geophysics, 2005). Kualitas data perekaman MT diketahui secara kuantitatif berdasarkan nilai koherensinya. Koherensi merupakan terminologi yang digunakan untuk mengetahui kualitas data MT secara objektif yang dapat dihitung dengan rentang 0 – 100%. Data dengan koherensi tinggi dapat dikategorikan sebagai subset data dengan rasio sinyal terhadap frekuensi yang tinggi (Fontes dkk., 2002). Data hasil perekaman yang diperoleh pada penelitian ini memiliki rentang koherensi pada 51.08-94.39 %. Dengan tahapan pengolahan data, kualitas data berhasil ditingkatkan hingga pada rentang 80.54-97.47 %. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap tingkat kepercayaan terhadap model bawah permukaan yang dihasilkan. Secara keseluruhan, perbandingan nilai koherensi sebelum dan sesudah dilakukan pemrosesan data ditampilkan pada Gambar 3. Data dengan kualitas yang baik akan dilanjutkan ke tahap pemodelan inversi. Model inversi 1-D dilakukan dengan menggunakan algoritma inversi Occam (Constable dkk., 1987), sementara model inversi 2-D dibuat berdasarkan algoritma inversi NLCG (Rodi & Mackie, 2001) menggunakan perangkat lunak WinGlink.



Sumber: modifikasi dari Supriatna & Rustandi, (1995).

Gambar 2. Sebaran titik pengukuran MT yang mencakup sekitar 50 x 35 km² luas area, dan lintasan penampang vertikal model inversi 2-D yang terdiri dari lintasan A-B sepanjang 50 km, Lintasan C-D sepanjang 48 km dan Lintasan E-F sepanjang 32 km.



Gambar 3. Diagram batang perbandingan kualitas data MT sebelum (hijau) dan sesudah (kuning) melalui tahap pengolahan data.

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian ini dibagi menjadi sayatan horizontal per kedalaman dan tiga penampang vertikal (lintasan A-B, C-D, E-F) dari sebaran tahanan jenis batuan dalam satuan Ohm meter. Sayatan horizontal ditunjukkan oleh Gambar 4 yang menunjukkan bahwa sebaran anomali mengikuti pola Antiklinorium Samarinda yang relatif berarah utara timurlaut - selatan baratdaya. Penampang vertikal ditunjukkan oleh Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 yang menggambarkan lapisan konduktif di bawah permukaan yang menggambarkan pola antiklinorium yang tersesarkan.

Sayatan Horizontal

Pola sebaran tahanan jenis dibuat dengan menggunakan algoritma inversi Occam 1-D yang diinterpolasi dari 40 titik pengukuran MT. Pada penelitian ini, sayatan horizontal ini ditampilkan ke dalam 6 subset peta (Gambar 4a sampai Gambar 4f) dengan tujuan untuk memetakan nilai anomali tahanan jenis rendah di area seluas 50 x 35 km². Secara garis besar, Gambar 4 dapat memberikan informasi sebagai berikut:

1. Gambar 4a menunjukkan sayatan pada kedalaman 1000 m. Secara umum, sebaran anomali mengikuti pola antiklinorium di permukaan. Anomali tahanan jenis rendah diperoleh pada beberapa lokasi antara lain adalah di bagian selatan sekitar titik pengukuran KT18, KT19 dan di bagian timur sekitar area Ambalut. Nilai tahanan jenis rendah di bagian timurlaut area studi, ditafsirkan hanya sebagai efek ekstrapolasi data dan bukan merupakan respon dari keberadaan benda konduktif di kedalaman 1000 m, mengingat tidak adanya sampel titik pengukuran di area tersebut.
2. Gambar 4b menunjukkan pola sebaran anomali

tahanan jenis pada kedalaman 2000 m. Pada peta ini ditunjukkan bahwa pola sebaran anomali masih dipengaruhi oleh struktur Antiklinorium Samarinda yang juga tersingkap di permukaan. Anomali tahanan jenis rendah masih diperoleh pada bagian selatan dan bagian timur area studi yang berturut-turut berada di sekitar titik pengukuran KT18, KT19 dan di area Ambalut. Bagian selatan dari area studi (bagian selatan dari titik KT19) tidak ditafsirkan sebagai respon benda anomali konduktif, melainkan hanya efek dari ekstrapolasi data.

3. Hal serupa diperoleh pada Gambar 4c, Gambar 4d dan Gambar 4e yang berturut-turut memperlihatkan peta sayatan pada kedalaman 3000 m, 4000 m dan 5000 m yang pola sebaran anomalnya mengikuti pola Antiklinorium Samarinda. Keberadaan anomali tahanan jenis rendah secara konsisten berada pada bagian selatan dan timur area penelitian, yaitu di sekitar titik pengukuran KT18 - KT19 dan di area Ambalut.
4. Pada Gambar 4f, ditunjukkan peta sayatan pada kedalaman 8000 m. Pada subset peta ini, diperoleh sebaran anomali yang berbeda dari kedalaman di atasnya. Pola sebaran anomali tahanan jenis masih mengikuti pola Antiklinorium Samarinda dengan pola utara timurlaut - selatan baratdaya, namun anomali tahanan jenis rendah bergeser sedikit pada bagian utara area penelitian, yaitu tepatnya pada titik KT10, KT11 dan KT12 yang secara posisi tersebar dengan pola utara timurlaut - selatan baratdaya. Anomali konduktif di sekitar area Ambalut masih diperoleh hingga kedalaman ini.

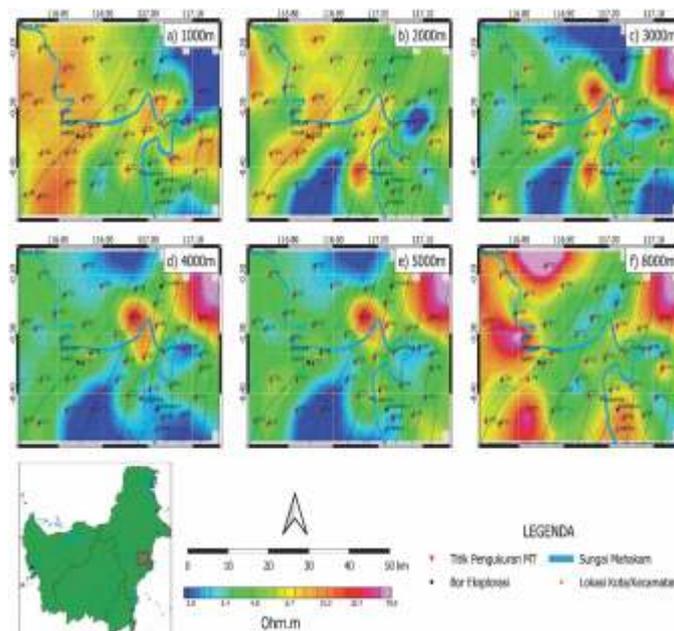
Nilai anomali tahanan jenis yang relatif rendah memang tidak selalu merupakan satu-satunya respon batuan induk gas serpih di bawah permukaan. Namun, zona dengan nilai tahanan jenis rendah setidaknya dapat mendelineasi daerah dengan potensi terendapkannya *organic shale* dengan *thermal maturity* yang tinggi. Karena berdasarkan beberapa studi sebelumnya, telah dibuktikan bahwa *organic shale* dengan *thermal maturity* dikarakterisasi oleh nilai tahanan jenis yang rendah. Hal ini tentunya sangat relevan dengan potensi gas serpih di Cekungan Kutai yang telah diketahui bahwa beberapa sampel batuan induknya memiliki kekayaan material organik dan kematangan termal yang tinggi.

Penampang Vertikal

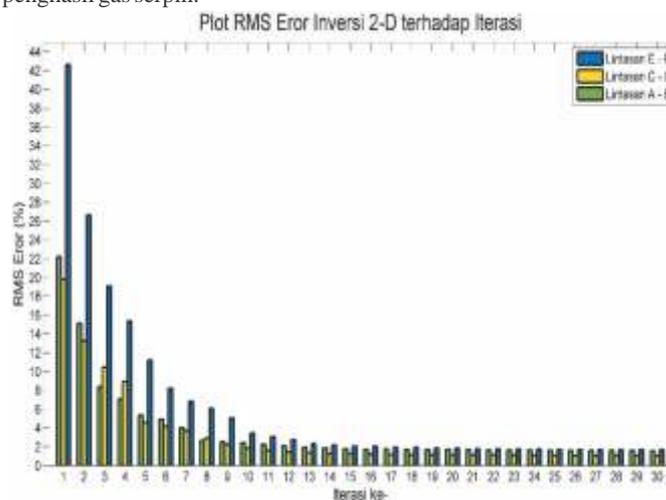
Untuk mengetahui sebaran anomali tahanan jenis rendah secara 2-D dan struktur geologi bawah permukaan apa saja yang berkembang pada lapisan konduktif tersebut, ditampilkan tiga penampang vertikal yang relatif

memiliki orientasi arah barat – timur (Gambar 2) untuk memotong pola sebaran anomali berdasarkan Gambar 4 dan pola struktur Antiklinorium Samarinda. Model inversi dibuat melalui 30 kali iterasi dengan model awal (*initial model*) sebesar 100 Ω m, sehingga diperoleh nilai *Root Mean Square (RMS) error* minimal yang dihitung berdasarkan perbandingan model terhadap data. Keterdapatn nilai anomali tahanan jenis yang sangat rendah (<5 Ω m) dekat permukaan pada lintasan E-F, menyebabkan nilai kesalahan RMS pada lintasan tersebut relatif lebih besar pada proses awal iterasi. Optimasi dilakukan dengan menggunakan inversi non-linear NLCG (Rodi & Mackie, 2001) untuk memperoleh solusi model dengan kesalahan RMS terkecil.

Dengan kualitas data yang sangat baik (koherensi > 80 %) dan nilai kesalahan (*error*) model yang minimal, diharapkan bahwa model penampang inversi 2-D yang ditampilkan merupakan representasi kondisi geologi bawah permukaan yang sebenarnya. Histogram nilai *RMS error* setiap tahap iterasi pada lintasan vertikal A-B, C-D dan E-F ditampilkan pada Gambar 5. *RMS error* final dari model inversi 2-D yang diperoleh berturut-turut untuk lintasan vertikal A-B, C-D dan E-F adalah 1,573 %, 1,012 % dan 1,692 %. Namun, keberadaan beberapa sumur eksplorasi di sekitar lintasan vertikal tidak dapat digunakan untuk memvalidasi hasil model inversi 2-D karena alasan resolusi dan cakupan kedalaman yang sangat berbeda.



Gambar 4. Penampang horizontal per kedalaman untuk mengetahui sebaran anomali tahanan jenis rendah (*low resistivity anomaly*) yang diduga merupakan respon dari keberadaan batuan induk penghasil gas serpih.

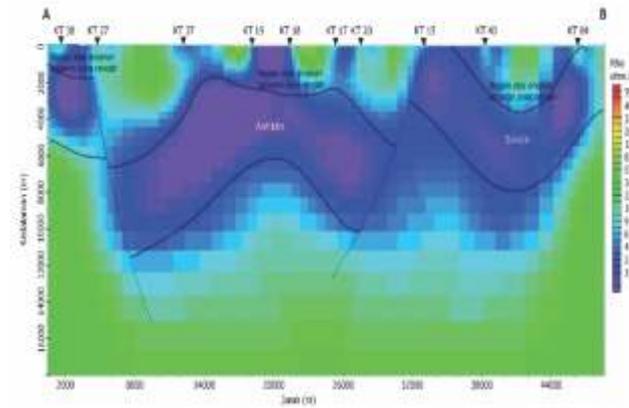


Gambar 5. Nilai *RMS error* model inversi 2-D terhadap tahapan iterasi. Secara kuantitatif, nilai *RMS error* pada iterasi ke-30 menunjukkan nilai yang minimum, sehingga model dapat dikatakan benar-benar merepresentasikan data pengukuran MT.

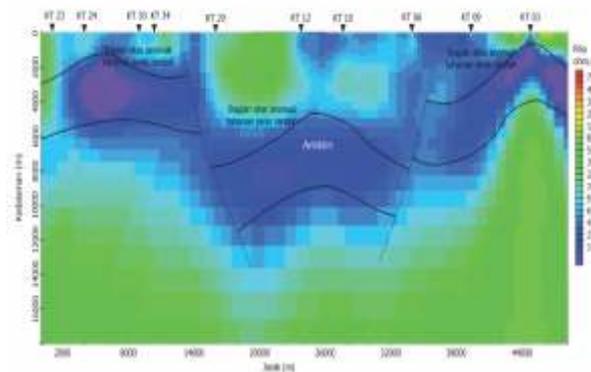
Gambar 6 merupakan penampang vertikal A-B yang terletak paling selatan dari area studi. Bagian atas (*top*) lapisan dengan anomali tahanan jenis rendah (< 4 ? m) terdapat di sepanjang lintasan vertikal A-B pada rentang kedalaman sekitar 1000-5000 m. Sama halnya dengan sayatan horizontal, pola sebaran anomali pada penampang vertikal ini ditafsirkan mengikuti pola regional Antiklinorium Samarinda, sehingga hal tersebut mengakibatkan kedalaman bagian atas dari anomali tahanan jenis rendah berada pada kedalaman yang bervariasi. Ketidakterusan dari lapisan konduktif pada lintasan A-B ditafsirkan sebagai adanya struktur perlipatan dan pensesaran dalam skala regional yang dapat diidentifikasi dengan cukup jelas. Anomali konduktif tersebut merupakan zona yang diduga berpotensi sebagai lapisan serpih hitam yang telah termatangkan secara termal. Formasi Pamaluan merupakan salah satu Formasi batuan yang kemungkinan berkontribusi dalam pembentukan anomali tahanan jenis rendah di bawah permukaan. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji laboratorium yang menyatakan bahwa sampel singkapan batuan dari Formasi Pamaluan memiliki kekayaan material organik yang baik dan beberapa sampel telah mencapai tingkat kematangan hingga *overmature* (Zajuli & Wahyudiono, 2018).

Penampang vertikal C-D (Gambar 7) terletak relatif di bagian utara dari lintasan A-B dan melewati titik pengukuran KT10 dan KT12. Pola perlipatan regional yang tersesarkan dapat diidentifikasi dengan cukup jelas pada lintasan C-D berdasarkan pola kemenerusan anomali tahanan jenis rendah. Hal ini ditafsirkan sebagai akibat tektonik kompresi yang terjadi pada Miosen Awal di Cekungan Kutai. Selanjutnya, diduga bahwa keberadaan struktur perlipatan yang tersesarkan ini sekaligus menjelaskan mengapa anomali tahanan jenis rendah pada titik pengukuran KT10, KT11, dan KT12 baru dapat teridentifikasi di kedalaman > 5000 m (Gambar 4f).

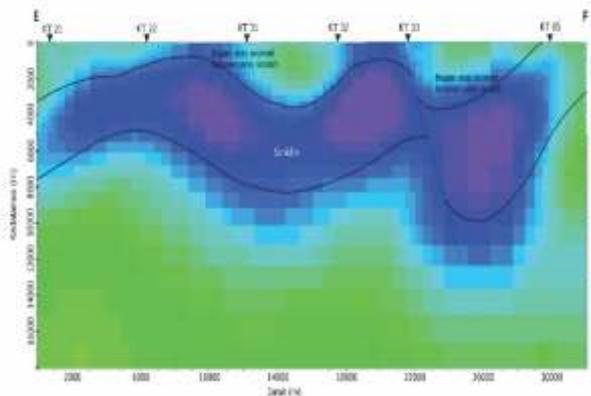
Sama halnya dengan lintasan A-B, dan lintasan C-D, lintasan E-F (Gambar 8) menunjukkan adanya lapisan dengan nilai tahanan jenis rendah di sepanjang lintasan tersebut. Hal ini menunjukkan adanya pola perlipatan dan pensesaran yang dapat teridentifikasi dengan cukup jelas bila dilihat dari pola kemenerusan anomali tahanan jenis rendah di sepanjang lintasan E-F tersebut. Sama halnya dengan hasil penelitian gas serpih menggunakan metode MT terdahulu (Weckmann dkk., 2007), diduga bahwa lapisan konduktif di sepanjang lintasan vertikal A-B, C-D, dan E-F memiliki peluang yang baik sebagai respon anomali dari keberadaan lapisan serpih hitam dengan *high thermal maturity* di bawah permukaan.



Gambar 6. Penampang vertikal A-B dengan panjang lintasan ±50 km yang menunjukkan adanya lapisan yang memiliki properti fisika sangat konduktif (ungu) dengan pola struktur regional membentuk antiklinorium yang tersesarkan.



Gambar 7. Penampang vertikal C-D dengan panjang ±48 km yang menunjukkan adanya lapisan dengan properti fisika sangat konduktif (ungu) yang membentuk pola struktur regional berupa antiklinorium yang tersesarkan. Adanya struktur yang berkembang pada penampang ini menjelaskan kenapa anomali konduktif baru terdeteksi pada kedalaman > 5000 m pada sekitar KT10, KT11 dan KT12 (Gambar 4f).



Gambar 8. Penampang vertikal E-F dengan panjang ±32 km yang menunjukkan adanya lapisan dengan properti fisika sangat konduktif (ungu) dengan pola struktur regional membentuk antiklinorium yang tersesarkan.

DISKUSI

Survei magnetotelurik merupakan salah satu upaya dalam memetakan potensi gas serpih di bawah permukaan berdasarkan nilai tahanan jenis batuan. Secara umum, terdapat dua hal yang tidak terpisahkan yang merubah komposisi kimia batuan serpih berubah ke dalam fase konduktif, yaitu mengandung material organik yang tinggi dan telah mencapai tingkat kematangan termal yang meningkatkan kompleksitas ikatan karbon pada komposisi batuan serpih (Adão dkk., 2015). Serpih Formasi Pamaluan di Cekungan Kutai telah memenuhi 2 kriteria tersebut berdasarkan hasil studi dan analisis geokimia (Zajuli & Wahyudiono, 2018). Hasil penelitian ini tidak hanya mengkonfirmasi keberadaan pola struktur regional bawah permukaan dari antiklinorium Samarinda, namun juga berhasil memetakan zona anomali tahanan jenis rendah di dalam area studi seluas 50 x 35 km² di sekitar Cekungan Kutai.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil inversi 1-D yang ditampilkan dalam sayatan horizontal per kedalaman, anomali tahanan jenis memiliki pola distribusi yang mengikuti pola struktur Antiklinorium Samarinda, area Ambalut dan area di sekitar titik KT18 dan KT19 merupakan zona anomali tahanan jenis rendah. Hasil inversi 2-D penampang vertikal yang berarah relatif barat – timur memotong pola struktur Antiklinorium Samarinda menunjukkan gambaran pola struktur perlipatan dan

penyesaran dalam skala regional yang menyebabkan ketidakmenerusan pada lapisan konduktif di sepanjang lintasan vertikal. Nilai anomali tahanan jenis rendah kemungkinan merupakan suatu respon yang salah satunya disebabkan oleh keberadaan endapan serpih hitam yang telah termatangkan secara termal dari Formasi Pamaluan di bawah permukaan. Secara keseluruhan, studi ini berhasil mendelineasi struktur regional antiklinorium Samarinda dan zona anomali tahanan jenis rendah yang berpotensi sebagai keberadaan endapan serpih hitam dengan *high thermal maturity*.

SARAN

Untuk mengkonfirmasi tingkat kepercayaan hasil penelitian ini, disarankan untuk dapat melihat kembali atau bahkan melakukan survei dengan metode seismik refleksi yang dikontrol oleh data sumur pada zona-zona anomali tahanan jenis rendah yang berhasil didelineasi pada hasil penelitian ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Survei Geologi yang telah mendanai penelitian ini, selanjutnya penulis juga menyampaikan terimakasih kepada seluruh anggota tim yang terlibat dalam pengambilan data MT Cekungan Kutai. Terakhir, kepada Bapak Achmad Fahrudin dan Bapak Riyandi Adlan atas waktunya dalam memberikan gambaran tektonik regional pada terbentuknya Cekungan Kutai.

ACUAN

- Adão, F.J.S.F., Ritter, O., and Spangenberg, E. 2015. The Electrical Resistivity of the Posidonia Black Shale: From Magnetotelluric Exploration to Rock Samples. Doctoral dissertation, Freie Universität Berlin.
- Allen, G.P. and Chambers, J.L. 1998. Regional Geology and Stratigraphy of the Kutei Basin.
- Branch, T., Ritter, O., Weckmann, U., Sachsenhofer, R. and Schilling, F. 2007. The Whitehill Formation: A High Conductivity Marker in the Karoo Basin. *South Africa J. Geol.*, 110: 465–476.
- Constable, S.C., Parker, R.L., and Constable, C.G. 1987. Occam's Inversion: A Practical Algorithm for Generating Smooth Models from Electromagnetic Sounding Data. *Geophysics*, 52(3): 289-300.
- Fontes, S.L., Harinayarana, T., Dawes, G.J.K., and Hutton, V.R.S., 2002. Processing of Noisy Magnetotelluric Data using Digital Filters and Additional Data Selection Criteria. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 52: 30–40.
- Gaucher, E. 1983. *Estimation of Sulfide Content of a Potential Orebody from Surface Observations and Its Role in Optimising Explorations Programmes*. A. A. Fitch (ed.), Developments in Geophysical Exploration Methods, 4.
- Geophysics, P., 2005. *Data Processing User Guide*. Phoenix Geophysics, Canada: 194h.
- Jödicke, H., 1992. Water and Graphite in the Earth's Crust: An Approach to Interpretation of Conductivity Model. *Surv. Geophys.*, 13: 381-407.
- Korja, T. and Koivukoski, 1990. Magnetotelluric Soundings along the SVEKA Profile in the Central Fennoscandian (Baltic) Shield, Finland. (Report n°17).

-
- Loukola-Ruskeeniemi, K. 1989. Early Proterozoic Metamorphosed Black Shales in the Kainuu Schist Belt and in the Outokumpu Region. *Geological Survey of Finland Special Paper*, 10: 103-106.
- Mora, S., Gardini, M., Kusumanegara, Y. and Wiweko, A., 2001. *Modern, Ancient Deltaic Deposits and Petroleum System of Mahakam Area*. Total E&P Indonesia dalam Indonesian Petroleum Association 2000 Field Trip Guide Book
- Moss, S.J. and Chambers, J.L. 2000. Depositional Modeling and Facies Architecture of Rift and Inversion Episodes in the Kutai Basin, Kalimantan, Indonesia. *27th Annual Convention Proceedings, Indonesian Petroleum Association* (abstract).
- Rodi, W. and Mackie, R.L., 2001. Nonlinear Conjugate Gradients Algorithm for 2-D Magnetotelluric Inversion. *Geophysics*, 66: 174–187.
- Supriatna, S. dan Rustandi, 1995. *Peta Geologi Lembar Samarinda, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Tyson, R. V. 1987. The Genesis and Palynofacies Characteristics of Marine Petroleum Source Rocks. *Geological Society, London, Special Publications*, 26(1): 47-67.
- Weckmann, U., Jung, A., Branch, T., and Ritter, O., 2007. Comparison of Electrical Conductivity Structures and 2D Magnetic Modelling along Two Profiles Crossing the Beattie Magnetic Anomaly. *South African Journal of Geology*, 110: 449–464.
- Zajuli, M.H.H., and Wahyudiono, J., 2018. Rock-Eval Characteristic of Oligocene Fine-grained Sedimentary Rocks from Pamaluan Formation, Gunung Bayan Area, West Kutai Basin, East Kalimantan: Implication for Hydrocarbon Source Rock Potential. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 19(2): 73-82.
-