

Analisis Penampang Resistivitas 2D Metode Magnetotellurik dan Audio-magnetotellurik Untuk Mengetahui Sistem Petroleum Pada Cekungan Singkawang

Rizky Kurniawan^{1*}, Nanang Dwi Ardi¹, Hidayat²

¹ *Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229
Bandung 40154, Indonesia*

² *Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro 57 Bandung 40122, Indonesia*

Corresponding author. E-mail: kurniawaanrizky16@gmail.com

Telp: +6285272967581

ABSTRAK

Indonesia memiliki cadangan minyak bumi potensial yang cukup banyak, salah satunya terdapat pada Pulau Kalimantan. Pada bagian barat pulau ini memiliki cekungan besar, yakni Cekungan Melawi dan Cekungan Ketungau. Kedua cekungan ini diperkirakan berumur pra-tercier. Tetapi, kedua cekungan ini tidak memiliki potensi ekonomis untuk migas konvensional, dan diperkirakan ada satu cekungan lain yang berumur sama dengan kedua cekungan ini. Cekungan ini dikenal sebagai Cekungan Singkawang. Cekungan ini diperkirakan memiliki sistem petroleum yang tersusun dari formasi Batupasir Kayan, Formasi Pendawan, Formasi Brandung, Kelompok Bengkayang serta Formasi Seminis. Untuk menganalisis struktur ini, digunakan metode magnetotellurik dan audio-magnetotellurik yang memanfaatkan medan elektomagnetik alam. Data yang diperoleh dari kedua metode ini masing-masing terdiri dari 14 titik dengan 2 lintasan. Lintasan pertama terdiri dari 10 stasiun pengukuran dan lintasan kedua dengan 5 titik pengukuran. Data ini merupakan data yang didapatkan dari rentang frekuensi 320 – 0,00034 Hz untuk metode magnetotellurik dan 3,3 – 10400 Hz untuk metode audio-magnetotellurik. Berdasarkan kedua metode ini, diperoleh lapisan dengan nilai resistivitas dengan rentang 4 – 54 Ωm yang diperkirakan sebagai Kelompok Bengkayang yang berpotensi sebagai batuan sumber (source rock). Sedangkan lapisan dengan nilai resistivitas 119 – 437 Ωm diperkirakan sebagai Vulkanik Raya dan 1611 – 3532 Ωm sebagai Granodiorit Mensibau. Kedua formasi ini diperkirakan sebagai batuan reservoir (reservoir rock), meskipun untuk penentuan jenis batuan ini sebagai batuan reservoir harus diteliti lebih lanjut lagi.

Kata Kunci : Sistem *petroleum*; Cekungan Singkawang; Metode Magnetotellurik; dan Metode Audio-magnetotellurik

ABSTRACT

Indonesia has lot of potential of reserved crude oil, one of the region has a lot reserved is Borneo Island. In this island, there are two huge basin located in the west, there are Melawi Basin and Ketungau Basin. Both of the basin approximately pre-tertiary aged. But both of the basin has not economic potential for conventional oil and gas, and probably there is other basin that has similar age with these basin. The name of the basin is Singkawang Basin. This basin predicted has petroleum system consists of Batupasir Kayan, Formasi Pedawan, Formasi Brandung, Kelompok Bengkayang, and Formasi Seminis. Magnetotelluric and audio-magnetotelluric method use to analyze this system. These method using natural electromagnetic field. Data obtained from this measurement consists of 14 measuring station with 2 line. First line consist 10 measuring station and second one consist 5 measuring station. This data also obtained from frequency range 320 – 0,00034 Hz for magnetotelluric method and 3,3 - 10400 Hz for audio-magnetotelluric method. Based these result, show that structure with resistivity value between 4 – 54 Ωm predicted as Kelompok Bengkayang potentially to be source rock, while the layer with resistivity 19 – 437 Ωm predicted as Vulkanik Raya and 1611 – 3532 Ωm predicted as Granodiorit Mensibau. Both of the formation potentially as reservoir rock, although to determine the information of this formation as reservoir rock must be researched further.

Keywords : Petroleum system; Singkawang Basin; Magnetotellurics; and Audio-magnetotellurics

1. Pendahuluan

Pada tahun 2016, didapatkan bahwa produksi bahan bakar minyak (BBM) dalam negeri mengalami penurunan produksi minyak bumi [1]. Oleh karena itu pemerintah membutuhkan sumber migas baru untuk meningkatkan produksi minyak bumi. Salah satu daerah yang memiliki potensi yang cukup baik adalah Pulau Kalimantan. Pada pulau Kalimantan terdapat beberapa sistem *petroleum*, yakni pada

Cekungan Barito, Cekungan Kutai, dan Cekungan Tarakan. Cekungan Barito berada pada daerah Kalimantan bagian selatan. Cekungan Kutai dan Cekungan Tarakan merupakan cekungan dengan prospek yang tinggi untuk ketersediaan sumber minyak dan bumi yang berada pada bagian timur Kalimantan. Cekungan Kutai merupakan cekungan terbesar yang ada di Indonesia. Pada bagian barat terdapat Cekungan Melawi dan Cekungan Ketungau [2].

Cekungan Ketungau dan Melawi dikategorikan sebagai sisten petroelum nonkonvensional, karena pada cekungan ini hanya dapat menghasilkan shale gas dan shale oil [3]. Diperkirakan disekitar kedua cekungan ini ada cekungan lain yang juga berumur pre-tersier. Cekungan ini dikenal dengan nama Cekungan Singkawang. Cekungan Singkawang dikategorikan sebagai cekungan frontier karena belum terdapatnya data geologi maupun data geofisika.

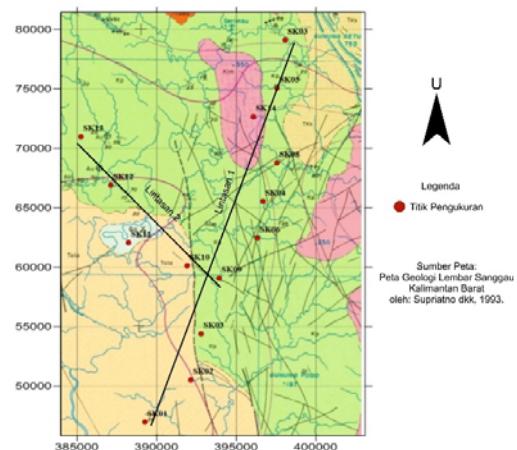
Metode Magnetotellurik (MT) dan Audio-magnetotellurik (AMT) yang merupakan metode elektromagnetik. Metode elektromagnetik sangat baik digunakan dalam eksplorasi sistem hidrokarbon, dikarenakan metode ini digunakan untuk menggambarkan struktur dan untuk beberapa kasus meberikan indikasi secara langsung keberadaan sistem hidrokarbon[4]. Sehingga kedua metode ini digunakan untuk mengetahui potensi sistem petroleum yang terdapat pada Cekungan Singkawang.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian termasuk kepada daerah Kabupaten Singkawang, Kalimantan Barat. Data penelitian merupakan dua lintasan pengukuran. Lintasan 1 berada pada $00^{\circ} 24.878' LU$ $110^{\circ} 00.656' BT$ hingga $00^{\circ} 44.202' LU$ $110^{\circ} 07.742' BT$. Sedangkan Lintasan 2 berada pada $00^{\circ} 39.321' LU$ $109^{\circ} 57.426' BT$ hingga

$00^{\circ} 32.162' LU$ $110^{\circ} 04.416' BT$, seperti yang terlihat pada gambar 1. Lintasan 1 terdiri dari 10 titik pengukuran, sedangkan lintasan 2 terdiri 5 titik pengukuran. Lokasi penelitian berada diantara dua cekungan besar yang berada pada Kalimantan Barat, yakni Cekungan Ketungau yang berada pada timur laut penelitian dan Cekungan Melawi yang berada pada arah tenggara daerah penelitian.

Peta Titik Pengukuran Magnetotellurik
Cekungan Singkawang
Kalimantan Barat

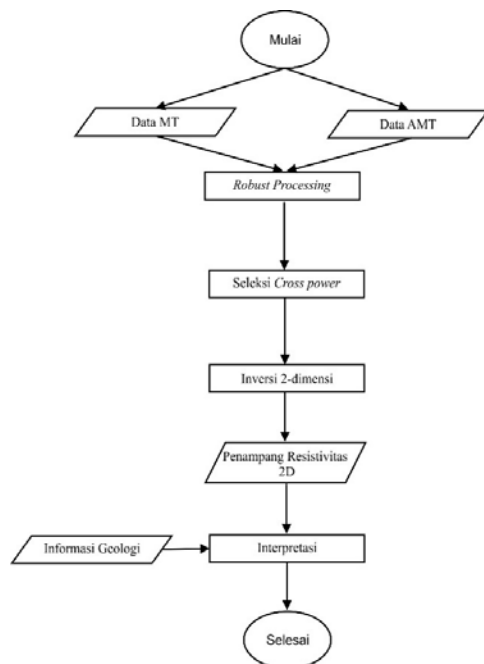


Gambar 1. Lokasi peengambilan data penelitian

3. Metode

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data mentah sampai didapatkannya hasil pengolahan. Hasil pengolahan data ini berupa penampang resistivitas 2D. Pada proses interpretasi akan didukung oleh informasi geologi yang didapatkan dari peta geologi ataupun jurnal. Diagram alir proses

pengolahan data dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Bentuk awal data MT dan AMT adalah time series. Dengan kata lain data ini memiliki domain waktu. Perbedaan dari data MT dan AMT terletak dari bentuk ekstensi file. Data MT memiliki ekstensi file .ts3, .ts4, dan .ts5. Data ini direkam dari rentang frekuensi 320 – 0,00034 Hz. Sedangkan data AMT memiliki ekstensi file ts2, ts3, dan ts4 yang direkam dengan rentang 3,3 – 10400 Hz. Perbedaan ekstensi data ini berdasarkan rentang perbedaan rentang frekuensi yang terekam pada setiap bentuk ekstensi file.

Robust processing adalah salah satu contoh teknik statistik untuk mereduksi *noise* dari data MT dan AMT. Dalam teknik ini, nilai-nilai outlier dari data akan dieleminasi. Pada proses ini sesuatu yang

diperhatikan adalah koherensi dari setiap bentuk *robust processing* yang dilakukan. Koherensi adalah variabel yang memiliki dimensi dengan nilai kisaran 0 hingga 1. Untuk nilai 1 mengindikasikan sinyal koheren yang sempurna [5]. Bentuk data setelah proses ini berdomain frekuensi.

Pada proses seleksi cross power dilakukan muting pada data yang dianggap menyimpang[6]. Proses ini bertujuan untuk mengurangi noise tahap akhir sehingga data siap digunakan untuk proses selanjutnya.

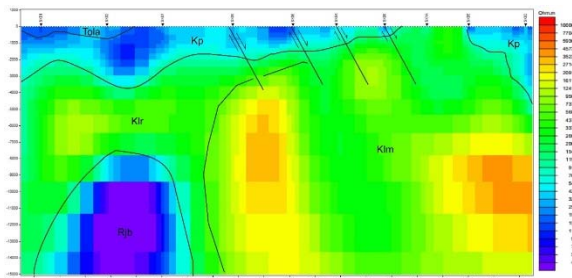
Teknik inversi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Non Linear Conjugate Gardien (NLGC). Metode NLGC mampu memperkecil suatu fungsi objek yang terdapat pada data residual dan *second special derivatives* dari resistivitas. Metode NLGC dapat secara langsung meminimalasi masalah yang nonkuadratik, membebaskan kerangka iterasi dan inversi linear [7]. Pada proses ini akan dihasilkan penampang resistivitas 2D.

Pada tahap interpretasi, penampang resistivitas 2D akan digunakan untuk menentukan kondisi bawah permukaan daerah penelitian. Pada proses ini digunakan bahan bacaan lain yakni informasi geologi yang didapatkan dari peta geologi.

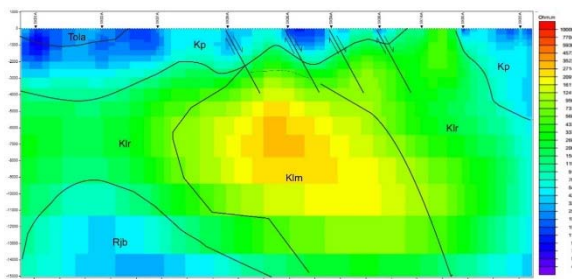
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Lintasan 1

Gambar 3 dan 4 menunjukkan hasil interpretasi lintasan 1 dari metode MT dan AMT. Penampang resistivitas ini diinterpretasi berdasarkan rentang nilai resistivitas yang dimiliki setiap lapisan. Pada setiap jenis lapisan akan ditentukan jenis batuan penyusunnya. Sehingga dari hasil penentuan jenis batuan ini dapat ditentukan kelompok geologi serta perannya dalam sistem petroleum.



Gambar 3 Hasil interpretasi penampang resistivitas 2D dari metode MT untuk lintasan 1



Gambar 4 Hasil interpretasi penampang resistivitas 2D dari metode AMT untuk lintasan 1

Lapisan pada kedalaman 10 – 15 km, ditemukan lapisan dengan nilai resistivitas sangat rendah dengan rentang 4 – 9 Ω m pada metode MT diperkirakan sebagai batu lempung. Sedangkan pada metode AMT lapisan merupakan lapisan dengan nilai resistivitas rendah dengan rentang 9 – 54 Ω m diperkirakan sebagai batu pasir. Dengan

informasi ini, dapat disimpulkan bahwa lapisan ini merupakan bagian Formasi Bengkayan (Rjb).

Lapisan resistivitas sedang ditemukan pada kedalaman 4 – 8 km. Pada metode MT, lapisan ini memiliki rentang nilai resistivitas 154 – 437 Ω m. Sedangkan pada metode AMT, lapisan ini memiliki rentang resistivitas 154 – 956 Ω m. Berdasarkan kedua nilai ini lapisan ini diperkirakan sebagai aliran vulkani. Sehingga dengan mangacu kolom stratigrafi, lapisan ini merupakan bagian dari Vulkanik Raya (Klr). Lapisan resistivitas tinggi ditentukan pada kedalaman 5 – 13 km. Pada metode MT, lapisan ini memiliki rentang nilai resistivitas 1611 – 3532 Ω m. Sedangkan pada metode AMT, lapisan ini memiliki nilai resistivitas dengan rentang 2019 – 4573 Ω m. Sehingga berdasarkan kedua nilai tersebut lapisan ini diperkirakan sebagai lapisan batuan beku. Dengan mengacu tabel stratigrafi, lapisan ini merupakan bagian dari formasi Granodiorit Mensibau (Klm).

Lapisan dengan nilai resistivitas sedang ditemukan pada hingga kedalaman 4 km. Berdasarkan metode MT, lapisan ini memiliki nilai resistivitas dengan rentang 11 – 54 Ω m. Dengan metode AMT lapisan ini memiliki rentang resistivitas 19 – 70 Ω m. Dengan kedua nilai tersebut, lapisan ini diperkirakan batuan kapur. Selanjutnya dengan memperhatikan tabel stratigrafi, terdapat 2 formasi pada lapisan ini. Lapisan pertama dikategorikan sebagai formasi

Diperkirakan formasi Granodiorit Mensibau dan Formasi Pedawan memiliki hubungan. Dalam segi umur, lapisan dengan formasi Granodiorit Mensibau berumur kapur awal. Sedangkan Formasi Pendawan memiliki litologi batuan pasir dengan umur kapur. Dengan hal ini, akan terlihat bahwa Formasi Pendawan lebih tua dibandingkan dengan Granodiorit Mensibau. Hal ini sesuai dengan teori cross-cutting relationship, yang menyatakan apabila suatu struktur memotong suatu lapisan, diperkirakan struktur yang memotong ini berumur lebih muda dibandingkan lapisan disekitarnya [8]. Berdasarkan umur batuan, diperkirakan bahwa pada masa trias awal terjadi erupsi gunung api. Erupsi ini menumbuk Formasi Pendawan. Hasil erupsi ini menjadi Granodiorit Mensibau. Kontak langsung antara Granodiorit Mensibau dan Formasi Pendawan sulit ditemukan akan tetapi kemungkinan disesarkan[9].

Dengan meninjau formasi diatas, dapat ditentukan beberapa lapisan yang berperan dalam pembentukan sistem petroleum. Formasi Bengkayan sendiri berumur trias akhir jura awal, dengan litologi batu pasir, lempung, dan berfosil. Adapun fosil ini berasal dari Harpoceras sp. dan Dactyloceras (Orthodactylites) sp. [9]. Dengan kandungan fosil ini, dapat diduga lapisan ini sebagai batuan sumber (source rock). Sedangkan Vulkanik Raya dan Granodiorit Mensibau dapat diperkirakan

sebagai reservoir rock. Meskipun formasi ini didominasi oleh batuan beku yang memiliki nilai porositas yang kecil, yang menyebabkan formasi ini tidak memenuhi syarat sebagai reservoir rock. Akan tetapi dengan meninjau kasus pada Cekungan Sumatera Selatan tepatnya pada daerah Prabumulih, dimana pada lokasi ini ditemukan batuan beku berperan sebagai reservoir rock. Hal ini dikarenakan batuan beku pada cekungan tersebut merekah sehingga memiliki porositas yang cukup untuk menyimpan fluida [10]. Oleh karena itu dibutuhkan data well logging sehingga dapat ditentukan kondisi dari Granodiorit Mensibau ini.

4.2. Lintasan 2

Gambar 5 dan 6 merupakan hasil interpretasi penampang resistivitas 2D pada lintasan 2 untuk metode MT dan AMT. Dengan hasil penampang resistivitas ini, akan ditentukan jenis batuan yang terdapat pada lapisan dengan rentang nilai resistivitas tertentu. Selanjutnya dari jenis batuan ini akan ditentukan formasi geologi lapisan tersebut.

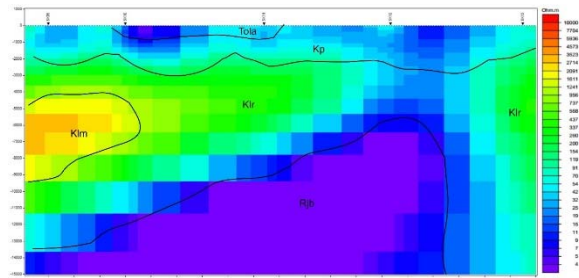
Pada kedalaman 7 – 15 km, ditemukan lapisan dengan resistivitas yang sangat rendah untuk metode MT dengan rentang 4 – 9 Ωm dan resistivitas rendah dengan rentang 9 – 54 Ωm untuk metode AMT. Berdasarkan metode MT, lapisan ini dikategorikan sebagai batu lempung. Sedangkan dengan metode AMT, lapisan ini dikategorikan sebagai batu pasir. Dengan

jenis batuan yang didapatkan ini, maka lapisan ini dapat dikelompokkan sebagai Formasi Bengkayang (Rjb).

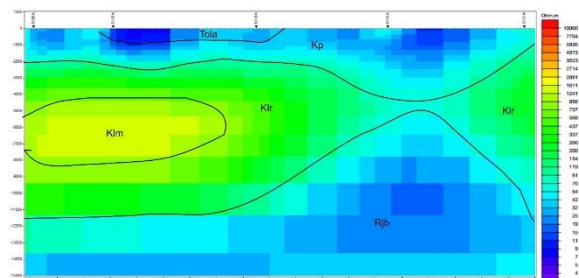
Lapisan dengan resistivitas tinggi ditemukan pada kedalaman 5 – 8 km. Berdasarkan metode MT, lapisan ini memiliki nilai resistivitas 1611 – 2714 Ωm yang dikategorikan sebagai batuan beku. Sedangkan untuk metode AMT, lapisan ini memiliki rentang resistivitas 956 – 1611 Ωm yang dikategorikan sebagai batuan beku. Dengan hasil ini, maka lapisan ini merupakan formasi Granodiorit Mensibau (Klm).

Lapisan resistivitas sedang ditemukan pada kedalaman 3 – 4 km serta 9 – 11 km. Dengan metode MT, didapatkan bahwa lapisan ini memiliki rentang resistivitas 119 – 437 Ωm . Sedangkan dengan metode AMT lapisan ini memiliki rentang resistivitas 154 – 437 Ωm . Dengan nilai ini, lapisan ini dikategorikan sebagai aliran vulkanik. Sehingga lapisan ini merupakan bagian dari formasi Vulkanik Raya (Klr).

Lapisan dengan resistivitas rendah ditemukan sampai kedalaman 2 km. Berdasarkan metode MT, lapisan ini memiliki rentang resistivitas 19 – 42 Ωm yang dikategorikan sebagai batu pasir. Sedangkan dengan metode AMT, lapisan ini memiliki rentang resistivitas 9 -54 Ωm yang dikategorikan sebagai batuan pasir. Dengan hasil ini, dapat diperkirakan bahwa lapisan ini bagian dari formasi Batupasir Landak (Tola) dan Formasi Pedawan (Kp).



Gambar 5 Hasil interpretasi penampang resistivitas 2D dari metode MT untuk lintasan 2



Gambar 6 Hasil interpretasi penampang resistivitas 2D dari metode AMT untuk lintasan 2

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil inversi 2D metode MT dan AMT, didapatkan sebaran resistivitas dari Cekungan Singkawang terdapat tiga jenis resistivitas, yakni sedang, tinggi, dan rendah. Lapisan dengan nilai resistivitas sedang diperkirakan sebagai batuan pasir. Lapisan dengan nilai resistivitas tinggi diperkirakan sebagai aliran vulkanik ataupun batuan beku. Dan lapisan dengan nilai resistivitas rendah diperkirakan sebagai batuan lempung.

Berdasarkan hasil interpretasi, batuan dengan nilai resistivitas rendah yang diperkirakan sebagai lapisan dengan kondisi litologi batuan lempung dan diduga sebagai Formasi Bengkayan.

Formasi ini juga diperkirakan sebagai batuan sumber (*source rock*) dalam sistem *petroleum*. Sedangkan untuk lapisan dengan nilai resistivitas tinggi dengan kondisi litologi batuan beku ataupun aliran vulkanik yang diduga sebagai Granodiorit Mensibau dan Vulkanik Raya. Dalam sistem *petroleum*, formasi ini dapat diperkirakan sebagai batuan reservoir (*reservoir rock*).

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis secara khusus menyampaikan rasa terima kasih kepada Pusat Survei Geologi, yang telah membantu penulis untuk mendapatkan data untuk melakukan penelitian ini.

7. Referensi

1. Sekretariat Jendral Dewan energi Nasional. (2016). *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
2. Doust, H., Noble, R. A. (2008). *Petroleum systems of Indonesia. Marine and Petroleum Geology*, 25: 103-129.
3. Santy, L. D., Panggabean, H. (2013). The Potential of Ketungau and Silat Shales in Ketungau and Melawi Basins, West Kalimantan: For Oil Shale and Shale Gas Exploration. *Indonesian Journal of Geology*, 8(1): 39-53
4. Unsworth, M. (2005). New Developments in Conventional Hydrocarbon Exploration With Electromagnetic Methods. *CSEG RECORDER*: 34-38.
5. Simpson, F., Bahr, K. (2005). *Practical Magnetotelluris*. Cambridge: Cambridge University Press.
6. Sidharta, R.R., Yatini (2018). Identifikasi Keberadaan Organic Shale Berdasarkan Analisis Data Magnetotellurik Pada Cekungan Kutai. *Wahana Fisika*, 3(1): 19 – 30.
7. Rodi, W., Mackie, R. L. (2001). Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion. *Geophysics*, 66(1): 174-187.
8. Borradaile, G. (2014). *Understanding Geology Through Maps*. Amsterdam: Elsevier.
9. Supriatna, S., Margono, U., Sutrisno, Keyser, F. d., & Langford, R. (1993). *Peta Geologi Lembar Sanggau*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
10. Ginger, D., Fielding, K. (2005). The Petroleum Systems and Future Potential Of The South Sumatera Basin. *Proceeings, Indonesia Petroleum Association thirtieth Annual Convention & Exhibition*, 30(1): 67-89.