

PENERAPAN METODE *AMPLITUDE VARIANCE FREQUENCY* PADA DATA SEISMIK DAERAH RESERVOIR DENGAN STUDI KASUS LAPANGAN TEAPOT USA

Desi Saputri Sri Rezeki¹, Yoga Satria Putra^{1,*}, Radhitya Perdhana¹, Yudha Arman², Muhardi¹

¹Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat

²Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat

*Email. yogasatriaputra@physics.untan.ac.id

Abstrak. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan metode *Amplitude Variance Frequency (AVF)* terhadap data *Post Stack Time Migration (3D PSTM)* yang diunduh dari laman Wiki SEG secara bebas. Dekomposisi spektral dengan metode *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dilakukan untuk mendapatkan nilai frekuensi yang bervariasi 25 Hz – 70 Hz per 5 Hz dari data seismik sehingga mendapatkan 10 volume iso *CWT* yang kemudian digunakan untuk analisis gradien setelah dilakukan *gathering*. Analisis gradien dilakukan dengan menggunakan tipe analisis sederhana *Two terms Aki-Richards* yang menghasilkan nilai *intercept(A)*, *gradient(B)* dan frekuensi dominan. Nilai yang digunakan sebagai nilai atribut adalah hasil kali *intercept(A)* dengan *gradient(B)* yaitu *Product(A*B)*. Nilai atribut yang diperoleh pada sumur 48-X-28 untuk formasi Lakota, Red Peak dan Tensleep berturut-turut adalah -70,79, -115,86 dan -85,86. Atribut *AVF* menunjukkan zona atenuatif yang diindikasikan sebagai reservoir batupasir dengan nilai negatif yang semakin tinggi (warna merah tua). Indikasi ini didasarkan pada pola peluruhan antara nilai amplitudo terhadap nilai frekuensi.

Kata kunci: *amplitude variance frequency; continuous wavelet transform; data seismik*

Abstract. This research was conducted by applying the *Amplitude Variance Frequency (AVF)* method to *Post Stack Time Migration (3D PSTM)* data which was freely downloaded from the SEG Wiki page. Spectral decomposition using the *Continuous Wavelet Transform (CWT)* method is carried out to obtain frequency values ranging from 25 Hz – 70 Hz per 5 Hz from seismic data to obtain 10 *CWT* iso volum, which is then used for gradient analysis after gathering. Gradient analysis was performed using a simple type of analysis, *Two terms Aki-Richards*, which resulted in *intercept(A)*, *gradient(B)* and dominant frequency values. The value used as the attribute value is the product of *intercept(A)* and *gradient(B)*, which is *Product(A*B)*. The attribute values obtained at well 48-X-28 for the Lakota, Red Peak and Tensleep formations are -70.79, -115.86 and -85.86, respectively. The *AVF* attribute indicates an attenuative zone which is indicated as a sandstone reservoir with increasing negative values (dark red). This indication is based on the decay pattern between the amplitude and frequency values.

Keywords: *amplitude variance frequency; continuous wavelet transform; seismic data*

PENDAHULUAN

Metode seismik refleksi adalah salah satu metode geofisika yang memanfaatkan perambatan gelombang seismik. Metode ini memiliki keunggulan seperti akurasi dan resolusi yang tinggi, penetrasi yang dalam, serta cakupan area yang terbilang cukup luas. Metode *Amplitude Variance Frequency (AVF)* memanfaatkan nilai amplitudo suatu lapisan sebagai hasil respons variansi nilai frekuensi yang diberikan. Nilai variansi frekuensi tersebut didapat dari ekstraksi dengan melakukan transformasi *wavelet* data seismik itu sendiri. Transformasi *wavelet* ini dapat menunjukkan gambaran medium batuan atenuatif yang relatif tipis. Identifikasi sebuah lapisan tipis sangat penting dalam mendukung interpretasi suatu struktur geologi bawah permukaan. Metode *AVF* memiliki

kemampuan untuk menghasilkan pola peluruhan intensitas frekuensi yang diketahui dapat memisahkan reservoir batupasir dan lapisan yang tipis (Andanu, 2017). Dalam analisis lapisan litologi, perlakuan dekomposisi spektral terhadap data seismik menggunakan nilai frekuensi yang lebih tinggi dapat menghasilkan pemisahan lapisan yang relatif tipis dengan lebih baik (Fitriah *et.al.*, 2009). Dekomposisi spektrum domain *Continuous Wavelet Transform (CWT)* dengan memanfaatkan proses dilatasi dan translasi dapat menghasilkan *time maps* yang memberikan *time-frequency window*. Tampilan *window* semakin kecil jika menggunakan frekuensi tinggi, begitu juga sebaliknya.

Penelitian ini mengambil lokasi penelitian di lapangan Teapot USA menggunakan data seismik daerah reservoir yang diunduh dari laman Wiki SEG

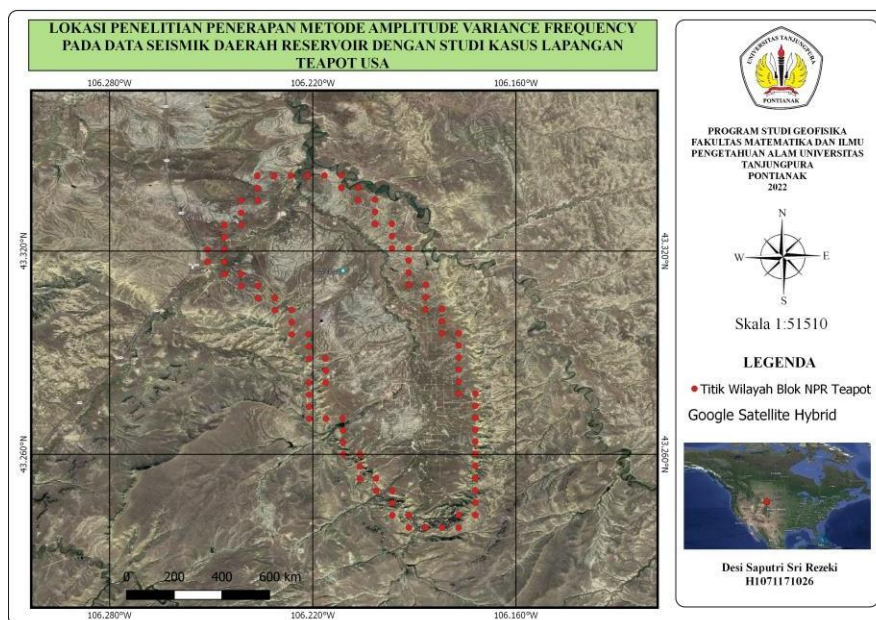
secara bebas. Lapangan Teapot USA tersusun atas lapisan *paleozoic* yang berada di atas *precambrian basement*. Lapisan di lokasi ini terdiri atas batupasir yang relatif tipis, *limestone shale*, batugamping, dolomit dan sedimen laut yang terevaporasi. Beberapa formasi Teapot USA yang potensial menjadi reservoir Hidrokarbon adalah Lakota dan Tensleep (Schneider *et.al.*, 2016).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran sebaran zona atenuatif pada formasi Lakota, Red peak dan Tensleep yang menjadi indikasi hidrokarbon pada lapangan Teapot USA dengan menerapkan metode AVF. Metode ini

diterapkan pada data seismik berdasarkan kemampuan analisis hasil kenampakan dari variasi nilai frekuensi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran terkait penerapan metode AVF dalam menginterpretasi sebaran reservoir batupasir.

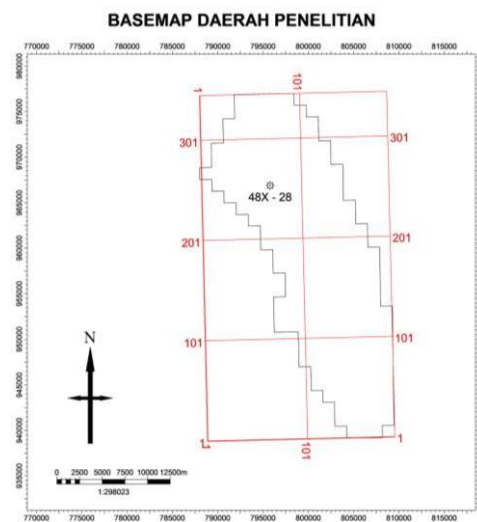
METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan metode AVF menggunakan data seismik pada daerah reservoir di lapangan Teapot USA (Gambar 1). Lokasi ini dikenal sebagai lapangan penghasil minyak yang cukup besar di Amerika Serikat.



Gambar 1. Lokasi penelitian.

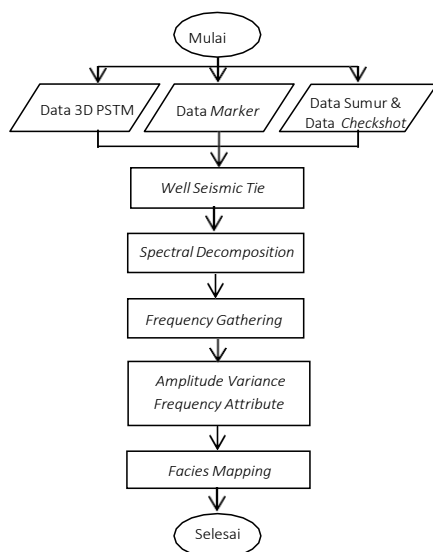
Data yang digunakan pada penelitian adalah data Seismik 3D *Post Stack Time Migration* (*inline* 1-345; *crossline* 1-188; panjang rekaman 3.000 ms; *sampling rate* 2 ms), *replacement velocity* = 9.000 ft/s, *Coordinate Reference System (CRS): Wyoming East Central 4902 (NAD 1927)*, data sumur, data *Well Tops Marker* dan data *checkshot* serta *base map* dengan informasi blok NPR dan lokasi Data Sumur (Gambar 2) yang diunduh secara bebas di laman [wiki.seg.org/wiki/Teapot dome 3D survey](http://wiki.seg.org/wiki/Teapot_dome_3D_survey). Perhitungan dilakukan menggunakan laptop dengan perangkat lunak pengolah data sumur dan data seismik.



Gambar 2. Basemap blok wilayah NPR.

Pengolahan data dengan menerapkan metode AVF terhadap data PSTM 3D dilakukan dengan pengikatan data sumur, *marker* dan *checkshot* terhadap data seismik 3D untuk menampilkan formasi-formasi yang semula berada pada domain kedalaman (*feet*). Data PSTM 3D tersebut kemudian didekomposisi spektral menggunakan metode CWT dengan tipe *wavelet complex Ricker*. Variasi nilai frekuensi yang digunakan dalam ekstraksi adalah 25 Hz – 70 Hz per 5 Hz. Setelah diperoleh 10 volume iso CWT tersebut, selanjutnya dilakukan *gathering* dengan memasukkan nilai frekuensi 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz, 50 Hz, 55 Hz, 60 Hz, 65 Hz dan 70 Hz pada menu nilai *incident angel* berurutan sesuai volume isonya.

Analisis data pada volume atribut AVF dilakukan dengan cara *slicing* dari volume *A*B product* pada formasi Lakota, Red Peak dan Tensleep. Analisis juga dilakukan terhadap penampang volume *gradient (A)* dan volume *intercept (B)* yang merupakan bagian dari hasil volume atribut. Analisis gradien juga dilakukan dengan tipe analisis *A/B Two terms Aki-Richards* untuk mendapatkan nilai *gradient (B)*, *intercept (A)* dan frekuensi dominan pada formasi Lakota, Red Peak dan Tensleep dari sumur 48-X-28. Nilai atribut AVF yang digunakan adalah hasil perkalian dari *gradient* dan *intercept (A*B Product)*. Secara umum, langkah-langkah dalam penelitian ini diilustrasikan seperti pada Gambar 3.

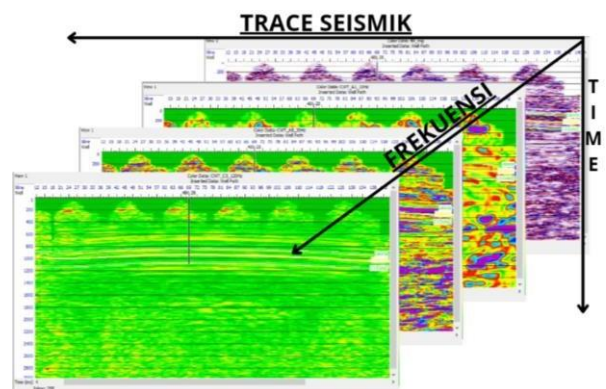


Gambar 3. Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

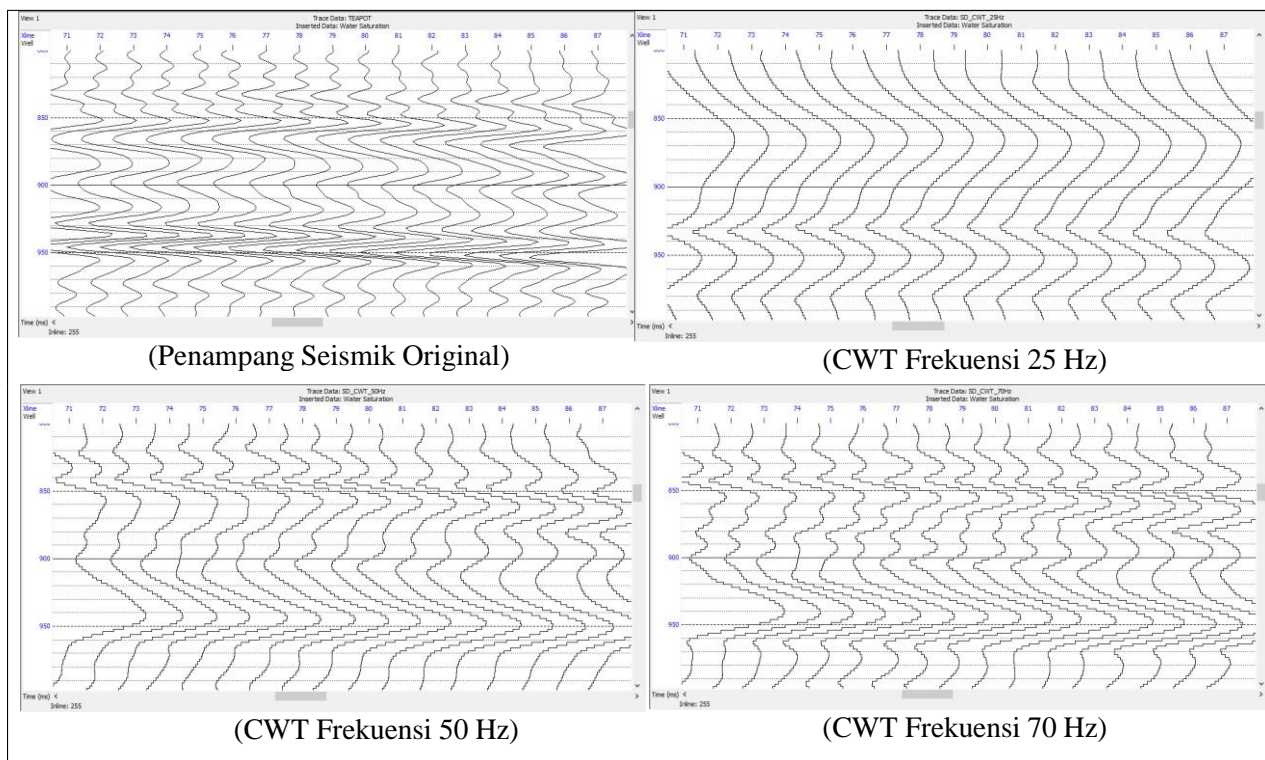
A. Analisis CWT

Data seismik 3D hasil dekomposisi spektral dengan menerapkan metode CWT digunakan untuk mendeteksi keberadaan reservoir yang menjadi potensi hidrokarbon. Gelombang seismik yang merambat pada reservoir dengan kandungan hidrokarbon akan mengalami kehilangan konten frekuensi tinggi. Frekuensi dominan cenderung berubah menjadi frekuensi yang lebih rendah. Hal tersebut menandakan keberadaan dari suatu reservoir (Mandong et.al., 2021).



Gambar 4. Ilustrasi penampang *trace* seismik terhadap variasi frekuensi.

Ekstraksi nilai frekuensi dari metode CWT diilustrasikan seperti pada Gambar 4. Gambar ini menampilkan hubungan variasi nilai frekuensi terhadap *trace* seismik pada waktu yang sama. Respons nilai amplitudo pada volume bervariasi terhadap nilai frekuensi yang diekstraksi. Hal ini dipengaruhi oleh sifat fisis suatu lapisan. Selanjutnya penampang seismik diekstraksi menggunakan metode CWT seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar ini menampilkan penampang seismik dan hasil pengolahan menggunakan metode CWT dengan nilai frekuensi 25 Hz, 50 Hz dan 70 Hz. Metode CWT dikembangkan dengan konsep utama berupa perkalian *wavelet* yang memiliki kemampuan mengubah *window* terhadap frekuensi yang diberikan (Nurjaya, 2011). Semakin besar frekuensinya akan semakin sempit *window* (panjang gelombang). Begitu juga sebaliknya semakin kecil frekuensinya akan semakin lebar *window* pada data seismik tersebut (Gambar 5).

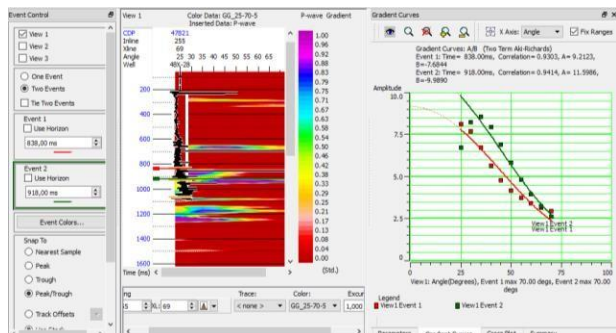


Gambar 5. Penampang seismik dan hasil pengolahan menggunakan metode CWT.

B. Analisis AVF

Metode AVF menekankan pada anomali amplitudo yang dihasilkan ketika melakukan variasi atau penambahan nilai frekuensi tertentu.

semakin besar terjadinya peluruhan frekuensi pada suatu lapisan. Ini menandakan lapisan tersebut memiliki kemampuan untuk menyerap energi atau meneruskan gelombang bukan memantulkan gelombang karena kejadian tersebut dapat menurunkan nilai amplitude. Sehingga dapat diasumsikan bahwa pada lapisan tersebut terdapat fluida yang bisa dilalui gelombang/energi.



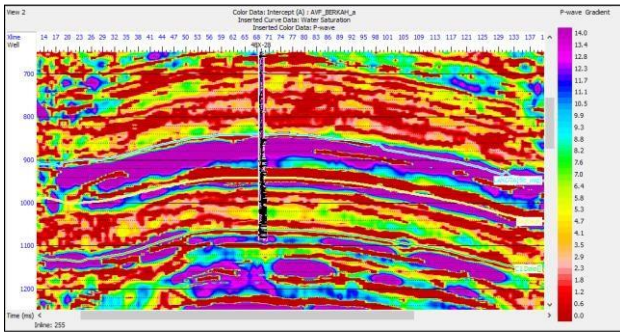
Gambar 6. Analisis gradien.

Nilai atribut AVF di sekitar lapangan sumur 48-X-28 pada formasi Lakota, Read Peak, dan Tensleep masing-masing adalah -70.79, -115,86, dan -85.86. Formasi Red Peak memiliki nilai atribut paling tinggi diikuti dengan formasi Tensleep dan kemudian formasi Lakota. Semakin tinggi nilai atribut yang dihasilkan (nilai dalam negatif) menunjukkan

Data seismik yang telah diekstraksi *wavelet* dan *gathering* kemudian dianalisis dengan analisis gradien untuk setiap formasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Proses ini dilakukan hingga diperoleh nilai yang cukup baik, yaitu 0,93, untuk intersep, gradien, frekuensi dominan dan korelasinya, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Indikasi adanya reservoir batupasir ditandai dengan adanya porositas dan permeabilitas yang besar, atenuasi dan dispersi batuan reservoir yang juga besar. Impedansi reservoir akan lebih rendah. Kecepatan gelombang yang melalui reservoir akan menurun ketika frekuensinya lebih tinggi.

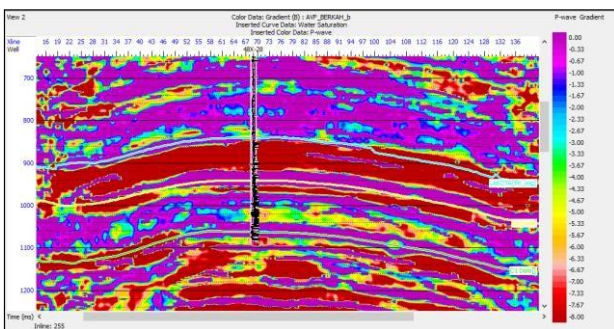
Table 1. Hasil analisis gradien setiap formasi pada sumur 48-X-28.

Formasi	Frek. Dominan (Hz)	Intersep (A)	Gradien (B)	Product (A*B)	SW (%)	NPHI (%)
Lakota	25	9,21	-7,68	-70,77	28,2	0.15
Red Peak	35	11,59	-9,99	-155,86	32	0.12
Tensleep	30	12,85	-6,68	-85,86	18,03	0.16



Gambar 7. Volume intersep (A).

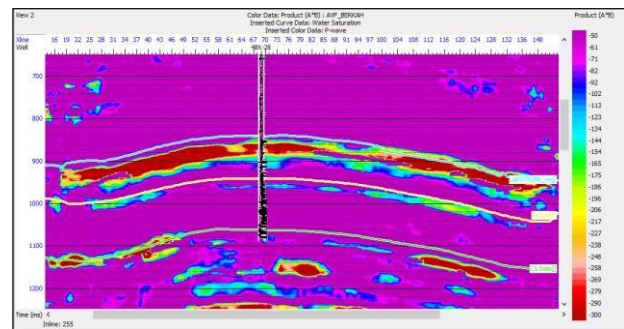
Hasil pengolahan dengan metode volume atribut AVF menghasilkan volume intersep bernilai positif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Hal ini menunjukkan adanya anomali yang tinggi pada amplitudo seismik dengan nilai frekuensi tertentu. Semakin tinggi nilai intersep menunjukkan kemampuan peredaman yang tinggi dari sifat fisis lingkungan. Semakin tinggi nilai konstanta atenuasi maka semakin menurun nilai amplitudonya. Sedangkan nilai volume gradien yang ditunjukkan pada Gambar 8 bernilai negatif. Nilai negatif yang tinggi menunjukkan terjadinya *high frequency loss* yang menandakan lapisan potensial atau atenuatif.



Gambar 8. Volume gradien (B).

Zona yang memiliki nilai intersep dan gradien yang tinggi menunjukkan zona atenuasi tinggi (Mandong, 2021). Begitu juga sebaliknya, zona yang

yang memiliki nilai intersep dan gradien rendah menunjukkan zona atenuasi yang rendah. Nilai gradien dan intersep ketika dikalikan (*product A*B*) dapat memperkuat anomali yang mempunyai redaman tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Nilai atenuasi berbanding terbalik dengan faktor Q, sama seperti saat analisis gradien. Hal ini dikarenakan ketika terjadi pelemahan sinyal dari energi gelombang yang tertransmisi, maka nilai amplitudo akan menurun seiring berjalannya waktu. Dan disaat itu pula nilai atenuasi akan semakin meningkat (Marwan *et.al.*, 2019).



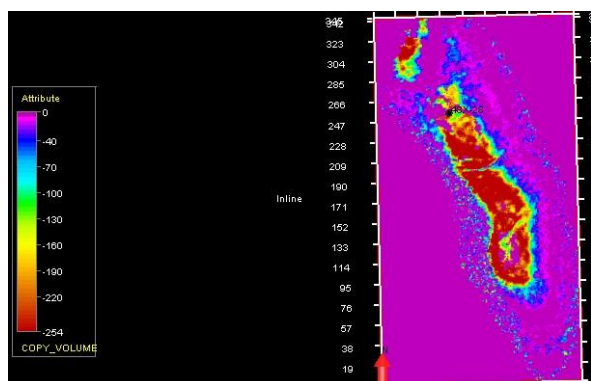
Gambar 9. Volume atribut AVF (*A*B Product*).

C. Analisis Atribut AVF

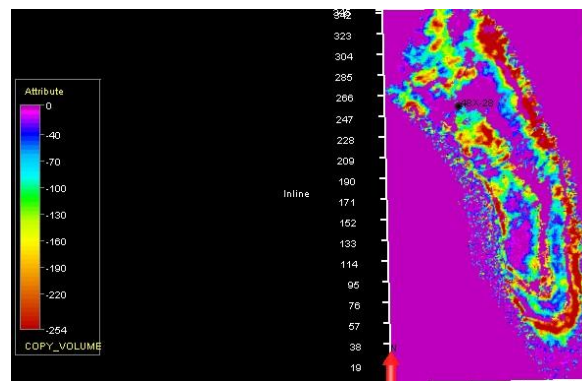
1. Formasi Lakota

Formasi Lakota berada pada kedalaman -800 ms hingga -1.000 ms. Gambar 10 menunjukkan warna merah yang merata di tengah yang mengindikasikan sebuah zona *interest*. Zona tersebut menunjukkan nilai yang semakin negatif mencapai -250. Zona-zona tersebut merupakan lapisan yang sangat atenuatif dan diindikasikan sebagai reservoir batupasir. Keberadaan sumur 48-X-28 yang dianalisis sebelumnya berada pada zona yang berwarna biru muda dengan nilai atribut AVF sebesar -70,79. Formasi Lakota berada pada lapisan *lower cretaceous* yang memiliki nilai *gamma ray* 33,8 API. Nilai ini menunjukkan bahwa formasi Lakota

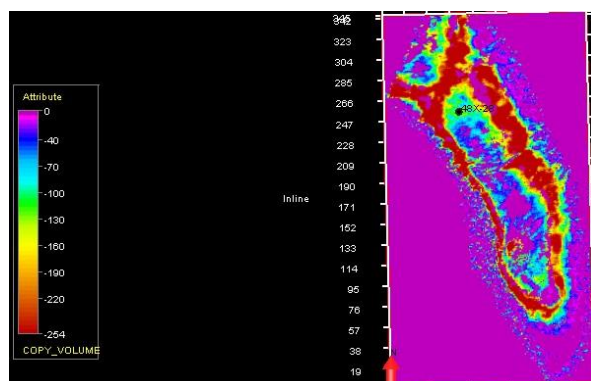
merupakan lapisan permeabel yang memiliki kemampuan meloloskan fluida. Lapisan yang memiliki nilai *gamma ray* rendah (20-50 API) dapat dikatakan sebagai lapisan permeabel (Hiskiawan, 2014). Formasi Lakota juga memiliki nilai impedansi akustik berkisar 25.538 (ft/s) (g/cc) hingga 27.425 (ft/s) (g/cc) yang dibentuk oleh Batupasir dengan porositas tinggi dan terisi oleh minyak serta air (Astiana, 2018).



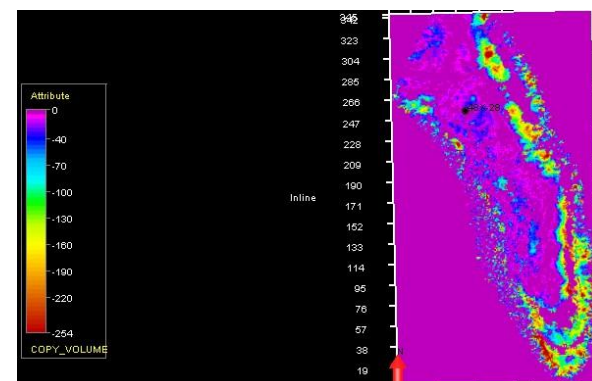
Slicing pada kedalaman -850 ms



Slicing pada kedalaman -950 ms



Slicing pada kedalaman -900 ms



Slicing pada kedalaman -1000 ms

Gambar 11. Slice volume atribut AVF Formasi Lakota.

Gambar 10. Slice volume atribut AVF Formasi Red Peak.

2. Formasi Red Peak

Formasi Red Peak berada pada kedalaman -900 ms hingga -1.100 ms yang merupakan lapisan periode *Triassic*. Formasi ini memiliki nilai *gamma ray* sebesar 23,30 API dengan impedansi akustik yang rendah yaitu 34.000 (ft/s) (gr/cc) sampai 49.000 (ft/s) (gr/cc) yang merupakan zona *clean sand – shaly sand* (Zain, 2017).

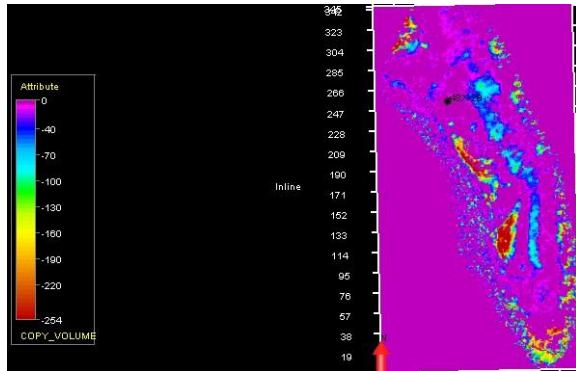
Pada formasi Red Peak, zona *interest* yang ditunjukkan dengan warna merah tua-kuning

bernilai -190 hingga -250 sebagai nilai pada atribut *Amplitude Variance Frequency* yang paling tinggi. Zona *interest* adalah lapisan yang sangat atenuatif dan diindikasikan sebagai sebaran reservoir kandungan Batupasir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Pada formasi Red Peak ini memiliki nilai atribut *Amplitude Variance Frequency* sebesar -115,86 pada area keberadaan sumur 48-X-28 yang dianalisis sebelumnya.

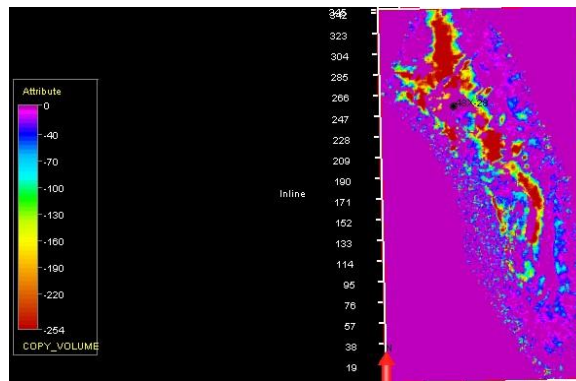
3. Formasi Tensleep

Formasi Tensleep lapangan Teapot USA berada pada kedalaman -1.020 ms hingga -1.220 ms. Formasi ini terdiri dari batupasir dan sisipan dolomit dengan nilai impedansi akustik yang cukup rendah yaitu berkisar 34.000 (ft/s) (g/cc) hingga 36.000 (ft/s) (g/cc) (Herlambang *et.al.*, 2017). Atribut AVF dapat menunjukkan zona *interest* pada formasi Tensleep. Zona dengan warna merah tua hingga kuning pada Gambar 12 bernilai -250 merata di sisi barat daya. Zona tersebut merupakan lapisan yang

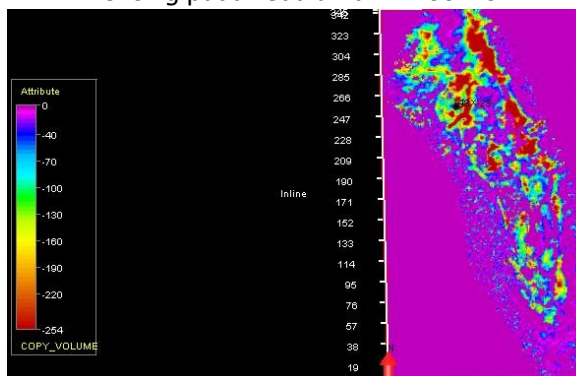
sangat atenuatif dan dapat diindikasikan sebagai sebaran reservoir kandungan batupasir dan dolomit. Pada Gambar 12 tersebut juga menunjukkan keberadaan sumur 48-X-28 dengan nilai atribut AVF sebesar -85,86.



Slicing pada kedalaman -1050 ms



Slicing pada kedalaman -1100 ms



Slicing pada kedalaman -1150 ms

Gambar 12. Slice volume atribut AVF Formasi Tensleep.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka telah dirumuskan beberapa kesimpulan. Metode AVF dapat diterapkan pada data seismik 3D lapangan

Teapot USA. Dari hasil pengolahan data, telah menunjukkan bahwa metode AVF mampu menunjukkan zona-zona atenuatif berdasarkan analisis gradien dari perubahan nilai amplitudo terhadap nilai frekuensi tertentu. Zona atenuatif yang diindikasikan sebagai reservoir batupasir atau lapisan yang permeabel dapat dilihat dari pola peluruhan energinya. Pola yang ditunjukkan pada volume atribut telah memperlihatkan nilai negatif yang semakin tinggi.

Saran

Penelitian ini akan lebih baik jika dapat disajikan dalam bentuk horizon yang memuat penampang zona secara keseluruhan. Penelitian dengan metode lain sangat diperlukan sebagai bentuk validasi data hasil penelitian dengan mempertimbangkan nilai saturasi air (SW) dan *Total Organic Carbon* (TOC) zona pada sumur.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Tanjungpura atas fasilitas yang telah diberikan selama penelitian ini dikerjakan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Nur Arfah Sariffudin, S.Si dan Bang Dimas Rahfaditya Pradana, S.T atas bantuannya dalam melengkapi kebutuhan penelitian ini. Terima kasih juga kepada reviewer Jurnal GEOSAINTEK ITS atas masukan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andanu, D.K. (2017): *Analisa Persebaran Reservoir Batupasir Lapangan "DKA" Cekungan Barito dengan Metode Amplitude-Variance-Frequency (AVF) Analysis*. Skripsi Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember. diakses: https://repository.its.ac.id/56899/1/3714100041_Undergraduate_Theses.pdf.
- Astiana, O. (2018): *Pemodelan Seismik Inversi Lapangan Hidrokarbon dengan Menggunakan Impedansi Akustik dari Data Rekaman Sumur dan Seismik 3D*. Skripsi FMIPA Universitas Mataram. diakses: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/5380>.

- Fitriah, N. (2009): *Aplikasi Dekomposisi Spektral untuk Peningkatan Resolusi Data Seismik pada Lapisan Tipis Batubara*, Tesis FMIPA Universitas Indonesia. diakses: <https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20271424-T29351-Analisis%20dekomposisi.pdf>
- Herlambang, N.; Mulyanto, B.S.; Dewanto, O.; dan Sinartio, F.B. (2017): *Identifikasi Patahan dan Karakterisasi Reservoir Menggunakan Metode Seismik Atribut dan Metode Seismik Inversi Impedansi Akustik pada Lapangan Teapot USA*. Jurnal Geofisika Eksplorasi. 2356-2599. diakses: <http://repository.lppm.unila.ac.id/id/eprint/7923>.
- Hiskiawan, P. (2014): *Pengaruh Gamma Ray terhadap Evaluasi Porositas Batuan Menggunakan Pengukuran Well Log*. Jurnal Ilmu Dasar, 15, pp. 103-108. <https://doi.org/10.19184/jid.v15i2.1405>.
- Mandong, A.F.; Bekti, R.P.A.; and Saputra, R.I.A. (2021): *Amplitude Variation with Frequency as Direct Hydrocarbon Indicator for Quick Look and Different Insight of Hydrocarbon Delineation*. Jurnal Geofisika., 19, pp. 62-68. <http://dx.doi.org/10.36435/jgf.v20i2.517>.
- Marwan.; Rifwqan.; dan Syamsudin, F. (2019): *Karakterisasi Sifat Fisik Batupasir Daerah Jantho dan Krueng Raya Menggunakan Uji Gelombang Ultrasonik*. Jurnal Positron, 9, pp. 8-12. <http://dx.doi.org/10.26418/positron.v9i1.29843>.
- Nurjaya, C. (2011): *Identifikasi Fluida Berdasarkan Analisis Atenuasi Energi Wavelet Berbasis Short Time Fourier Transform, Continuous Wavelet Transform dan Stockwell Transform*. Tesis FMIPA Universitas Indonesia. diakses: <https://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20291455-T29618-Identifikasi%20fluida.pdf>.
- Schneider, S., Eichkitz, C.G., Schreilechner, M.G., and Davis, J.C. (2016): *Interpretation of Fractured Zones using Seismic Attributes- Case Study from Teapot Dome, Wyoming, USA*. Jurnal Society of Exploration Geophysicists, 4, pp. 273-281. <https://doi.org/10.1190/INT-2015-0210.1>.
- Zain, N.M. (2017): *Karakterisasi Reservoir Menggunakan Aplikasi seismik atribut dan Inversi Seismik Impedansi Akustik, Studi Kasus Lapangan Teapot USA, Wyoming*. Jurnal Sains dan Seni Pomits, 6, pp. 2337-3520. DOI: [10.12962/j23373520.v6i2.25855](https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.25855).
