

# Analisis Sebaran Litologi Batu Pasir Dakota Menggunakan Metode Seismik Inversi Berbasis Model, Studi Kasus Lapangan Teapot, Wyoming, USA

Dimas Rahfaditya Pradana, Wien Lestari, dan Firman Syaifuddin

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
e-mail: wien@geofisika.its.ac.id

**Abstrak**—Untuk melakukan prediksi sebaran litologi suatu reservoir, dapat dianalisis melalui nilai impedansi akustik dari tiap batuan, dikarenakan tiap batuan akan memiliki nilai impedansi akustik yang berbeda ketika berbeda jenis litologi. Dengan adanya data seismik, data sumur, serta data pendukung lainnya, kita dapat memperoleh informasi kondisi bawah permukaan secara detail. Penelitian kali ini bertujuan untuk memprediksi sebaran reservoir batu pasir Dakota pada lapangan Teapot, hak milik RMOTC dan U.S. Department of Energy, berdasarkan pada parameter impedansi akustik dari masing-masing batuan. Metode yang digunakan pada penelitian kali ini adalah menggunakan inversi berbasis model. Hasil yang didapat merupakan sebaran litologi batupasir formasi Dakota, disajikan dalam bentuk peta impedansi akustik. Berdasarkan hasil inversi seismik, diketahui lokasi rekomendasi yang memiliki litologi batu pasir baik sebagai reservoir adalah daerah dengan nilai impedansi relative lebih rendah, dengan range nilai 27.000 ft/s\*g/cc – 29.000 ft/s\*g/cc, dan berada pada lokasi tengah menuju ke selatan dari daerah penelitian.

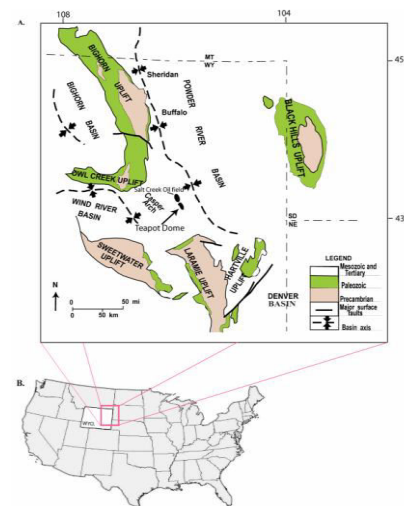
**Kata Kunci**—Reservoir, Inversi Berbasis Model, Impedansi Akustik, Teapot Dome.

## I. PENDAHULUAN

**M**ETODE inversi dalam proses interpretasi data seismik dilakukan untuk memperkirakan parameter batuan dalam bentuk impedansi akustik, yang dapat merepresentasikan kondisi bawah permukaan sebenarnya. Impedansi akustik yang diperoleh dari proses inversi memberikan informasi litologi bawah permukaan, sehingga dapat digunakan sebagai karakterisasi reservoir dalam eksplorasi minyak dan gas bumi.

Analisis inversi untuk mendapatkan nilai impedansi akustik dapat menjadi pilihan yang baik dalam menentukan sebaran litologi batu pasir, dikarenakan nilai impedansi akustik akan berbeda ketika memiliki perbedaan karakter litologi. Informasi impedansi akustik dari data sumur kemudian akan dijadikan model awal untuk dilakukan proses inversi data seismik.

Penelitian dilakukan pada lapangan Teapot dome, Wyoming, Amerika Serikat. Teapot dome merupakan struktur antiklin terbentuk pada Late Cretaceous hingga Eocene Laramide, yang terletak sebelah ujung Barat Daya dari cekungan Powder River, 48 KM sebelah Utara dari Casper, Wyoming, USA (Gambar 1).



Gambar 1. a. Indeks peta menunjukkan lokasi dari cekungan dan proses uplift pada bagian Timur Wyoming, serta lokasi Teapot Dome pada cekungan Powder River [2]. b. Lokasi Wyoming pada Amerika Serikat.

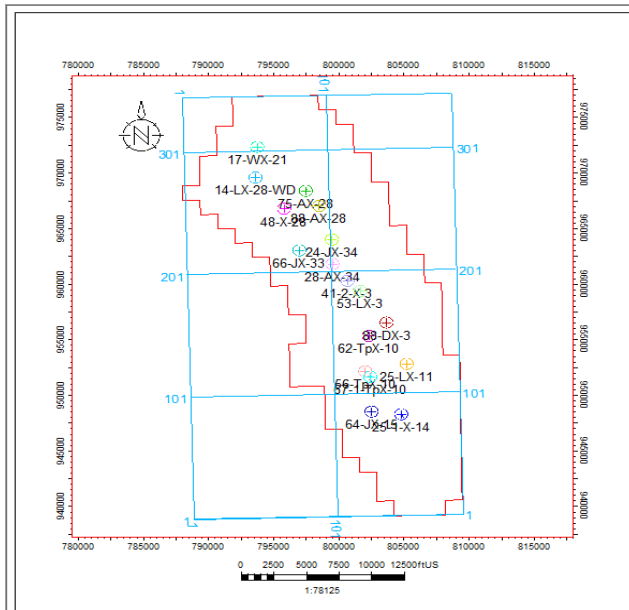
Orogenesa Laramide merupakan kawasan pegunungan yang tersebar luas karena terpengaruh dari gunung Rocky dan provinsi plateau Colorado. Deformasi meluas dari bagian utara Montana menuju daerah selatan New Mexico dan dari sebelah barat High Plains menuju Timur Utah. Orogenesa dari wilayah ini telah dideskripsikan sebagai peristiwa kompresi regional [1].

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Karakteristik Data

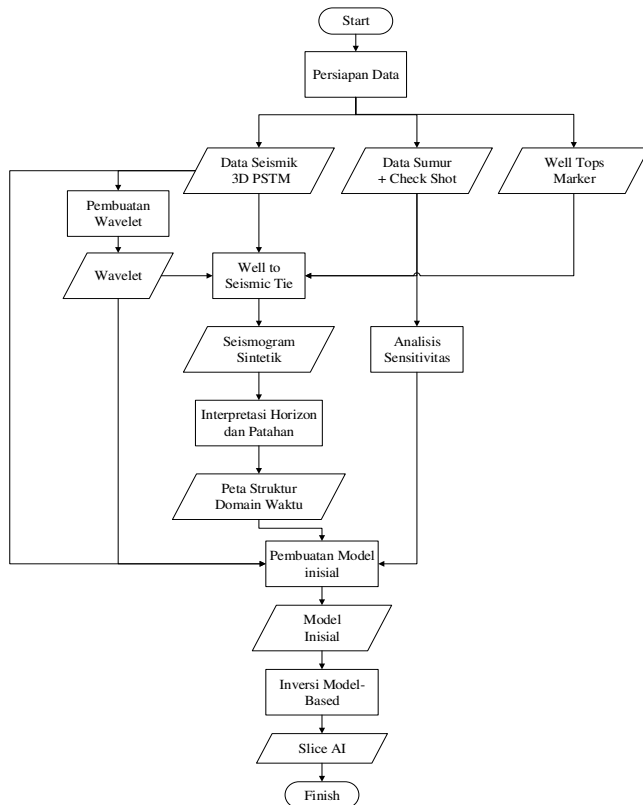
Data yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir kali ini adalah sebagai berikut:

1. Data seismik 3D PSTM (Post Stack Time Migration)
2. Data sumur Densitas, Porositas Neutron, Gamma Ray, Sonic sebanyak 17 Sumur.
3. Data Marker Sumur sebagai informasi batas litologi daerah penelitian.
4. Data checkshot sebagai koreksi hubungan waktu dengan kedalaman.



Gambar 2. Basemap data sumur dan data seismik dari lokasi penelitian. Garis biru merupakan inline-xline dari data seismik 3D Post-Stack Time Migration, lingkaran dengan berbagai warna menandakan sebaran sumur, dan garis merah merupakan batas wilayah lapangan penelitian.

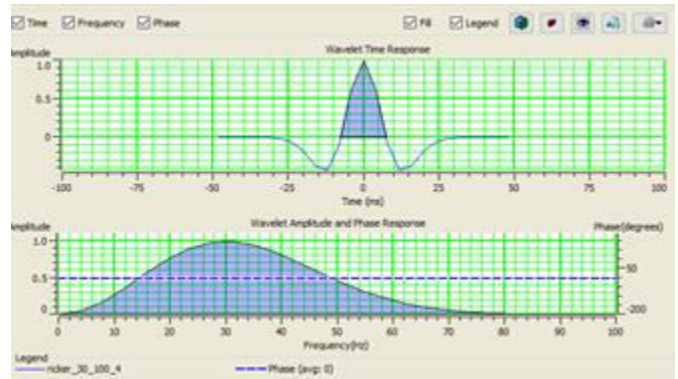
**B. Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian dari Metode Seismik Inversi Berbasis Model.

**C. Penentuan Wavelet**

Pada penelitian kali ini, digunakan wavelet ideal (*ricker*) dengan frekuensi 30 Hz, fase nol (*zero phase*), sample rate 2 ms dan panjang wavelet 200 ms. Wavelet ini digunakan untuk proses *Well to Seismic Tie* dan proses inversi seismik.



Gambar 4. Wavelet Ricker yang digunakan untuk proses pengolahan. Frekuensi yang digunakan adalah 30 Hz dan memiliki fasa nol.

**D. Well to Seismic Tie**

*Well to Seismic Tie* merupakan sebuah proses mengintegrasikan data sumur yang berada pada domain kedalaman dengan data seismik yang berada pada domain waktu, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi horizon target [3]. *Well to Seismic Tie* dilakukan pada 17 sumur dan seismik 3 dimensi di lokasi penelitian, dimana input log yang digunakan untuk mendapatkan sintetik seismogram adalah sonic dan densitas. Dari hasil *Well to Seismic Tie* (Tabel 1), nilai koefisien korelasi dari tiap sumur menunjukkan hasil yang baik, dengan nilai koefisien korelasi rata-rata 0.75 dan nilai korelasi tertinggi bernilai 0.827 pada sumur 14-LX-28-WD, serta nilai korelasi terendah terdapat pada sumur 88-DX-33 dengan nilai korelasi 0.651. Kemudian, top dan base dari batu pasir Dakota berada pada zero crossing dari amplitudo seismik, serta top dan base dari shale Niobrara berada pada Peak dari amplitudo seismik.

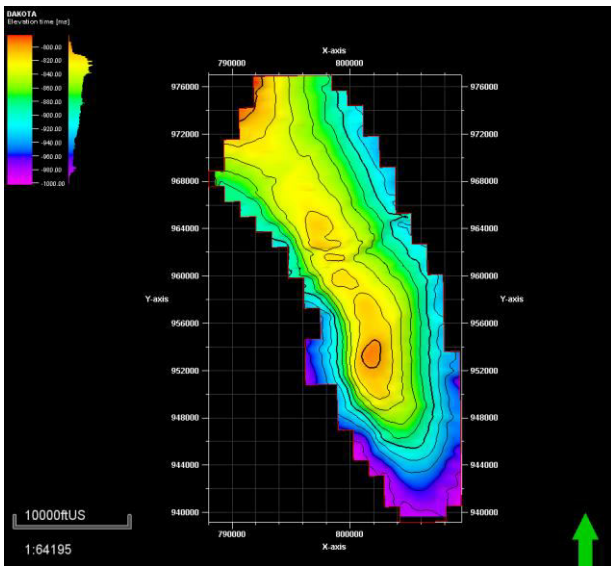
**E. Interpretasi Patahan**

Tabel 1.

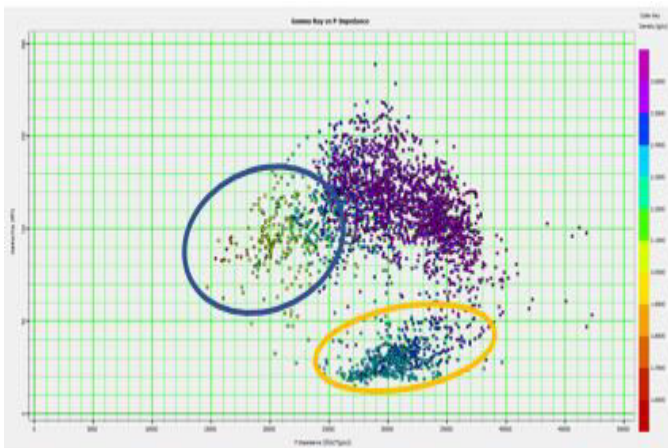
Nilai koefisien korelasi hasil *well to seismic tie* dari tiap sumur

Sumur	Korelasi	Checkshot
14-LX-28-WD	0.827	48-X-28
17-WX-21	0.807	48-X-28
24-JX-34	0.71	48-X-28
25-1-X-14	0.778	25-1-X-14
25-LX-11	0.769	67-1-TpX-10
28-AX-34	0.749	48-X-28
41-2-X-3	0.743	48-X-38
48-X-28	0.725	48-X-28
53-LX-3	0.742	48-X-28
56-TPX-10	0.818	67-1-TpX-10
62-TPX-10	0.793	67-1-TpX-10
64-JX-15	0.741	25-1-X-15
66-JX-33	0.779	48-X-28
67-1-TpX-10	0.766	67-1-TpX-10
75-AX-28	0.768	48-X-30
88-AX-28	0.691	67-1-TpX-10
88-DX-33	0.651	48-X-28

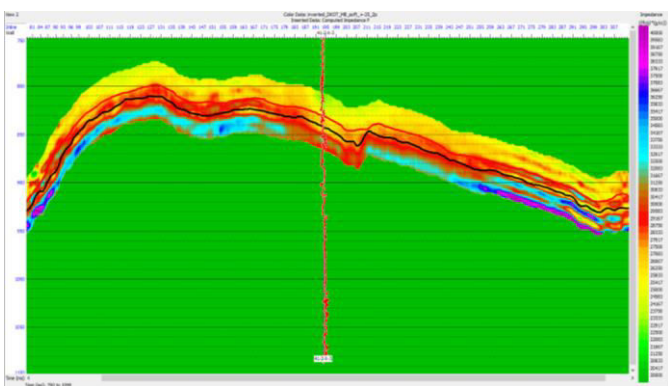
Interpretasi patahan dilakukan dengan memperhatikan ketidakmenerusan pada data seismik, yang secara relatif berubah pada arah vertical. Interpretasi patahan penting dilakukan untuk memahami dampak dari aktivitas tektonik yang terjadi pada daerah penelitian, serta mengetahui struktur geologi yang akan berguna dalam menentukan *trap* pada sistem *petroleum*.



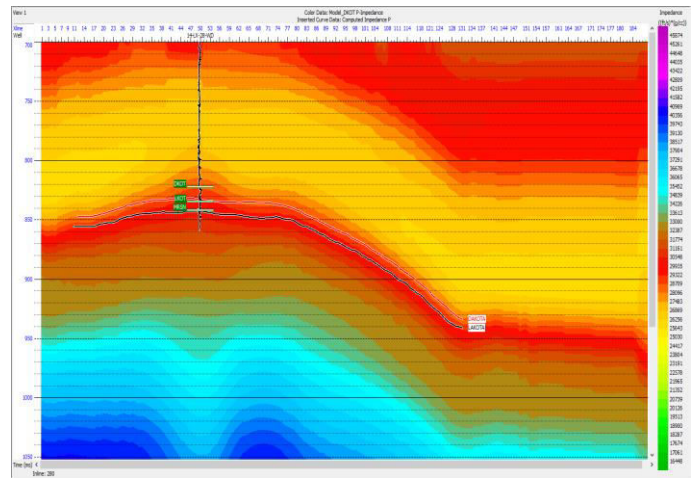
Gambar 5. Peta struktur domain waktu dari top Dakota.



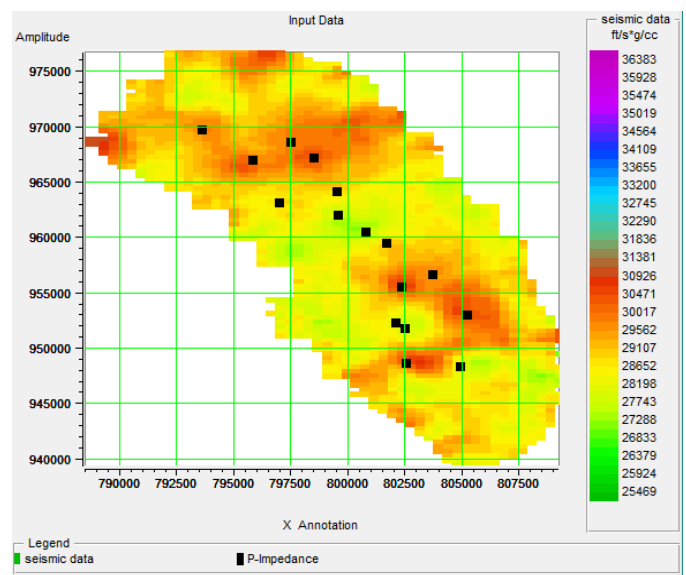
Gambar 6. Cross Plot AI dan Gamma Ray pada Dakota. Sumbu X merupakan nilai impedansi akustik dan sumbu y merupakan nilai Gamma Ray, dengan color key yang digunakan adalah Density. Lingkaran biru merupakan batuan shaly sand pada Dakota, dan lingkaran kuning merupakan litologi clean sand Lakota pada batuan Dakota.



Gambar 7. Tampilan Section hasil inversi fokus formasi Dakota pada sumur 41-2-X-3



Gambar 8. Hasil model inisial frekuensi rendah pada sumur 14-LX-28-WD, fokus pada batu pasir Dakota.



Gambar 9. Slice peta impedansi akustik hasil inversi pada formasi Dakota, dengan parameter rata-rata 20 ms di bawah top formasi Dakota.

Dari hasil analisis data seismik, diketahui terdapat empat patahan regional dengan orientasi Timur Laut-Barat Daya, yang juga berarti tegak lurus dengan sumbu antiklin berarah Tenggara-Barat Laut.

*F. Interpretasi Lapisan*

Interpretasi lapisan dilakukan untuk mengetahui geometri dari lapisan berdasarkan pada kemenerusan nilai amplitudo seismik. Amplitudo seismik memberikan informasi batas perlapisan antara dua batuan yang muncul karena adanya beda kontras impedansi akustik, sehingga akan terefleksikan pada bidang batas tersebut dan terekam sebagai kemenerusan amplitudo seismik [4]. Pada penelitian kali ini, interpretasi lapisan dilakukan pada dua bidang batas, yaitu top dan base dari batu pasir Dakota.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Peta Struktur Domain Waktu

Peta struktur domain waktu merupakan tahapan interpolasi hasil interpretasi perlapisan untuk mendapatkan peta struktur dari lapisan target dalam domain waktu. Peta struktur domain waktu memberikan informasi bidang batas dengan adanya variasi elevasi domain waktu, yang nantinya digunakan sebagai Batasan dalam membuat model inisial serta geometri untuk proses *slicing* impedansi akustik. Pada penelitian kali ini, digunakan metode kriging untuk melakukan pembuatan peta struktur domain waktu (Gambar 5).

Dari hasil pembuatan peta struktur domain waktu, terlihat bentukan antiklin dengan orientasi busur berarah Barat Laut-Tenggara. Bentukan struktur antiklin dari teapot dome memiliki dua penunjaman, sehingga dapat disebut dengan istilah *double plunging* atau *dome*. Secara umum, sistem Petroleum terbentuk baik pada struktur antiklin.

#### B. Cross Plot

*Cross plot* dilakukan untuk identifikasi tren impedansi akustik yang kemudian akan dianalisis bagaimana pola persebaran litologi batupasir formasi target berdasarkan pada nilai *cross plot*. Ketika dilakukan proses *cross plot*, maka dapat dikarakterisasi bagian merupakan batu pasir dan non-batu pasir. Hasil dari *cross plot* memberikan informasi bahwa batu pasir dengan properti baik memiliki nilai impedansi akustik relative lebih rendah (Gambar 6).

#### C. Inversi Impedansi Akustik

Tahapan awal dari Metode inversi Model Based adalah membuat model inisial frekuensi rendah, yang kemudian akan digunakan sebagai model awal untuk kemudian dilakukan iterasi. Pembuatan model inisial frekuensi rendah dilakukan untuk memberikan tambahan informasi frekuensi rendah yang hilang pada data seismik ketika dilakukan pengolahan data sebelumnya, sehingga nilai impedansi akustik yang didapat diharapkan mendekati kondisi bawah permukaan sebenarnya. Model inisial ini nantinya menjadi input dalam proses inversi.

Setelah didapatkan model inisial frekuensi rendah, kemudian dilakukan proses inversi seismik. Tipe *constrain* dari metode berbasis model yang digunakan adalah soft

*constrain*. Adapun hasil dari proses inversi merupakan nilai impedansi akustik.

Untuk melihat persebaran litologi batu pasir, maka dilakukan proses *slicing* impedansi akustik hasil inversi sesuai dengan bentuk geometri top formasi dakota, dengan nilai yang diperoleh merupakan rata-rata impedansi akustik 20 ms di bawah top formasi dakota.

Dari hasil peta slice impedansi akustik, terdapat nilai impedansi akustik relatif lebih rendah pada bagian tengah menuju ke selatan. Berdasarkan analisis *cross plot* hubungan impedansi akustik dengan *Gamma Ray* dan Densitas, diketahui bahwa karakter sebaran batu pasir properti baik memiliki nilai impedansi akustik relatif lebih rendah, dengan range nilai 27.000 ft/s\*g/cc – 29.000 ft/s\*g/cc.

### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, inversi dan geostatistik pada formasi batu pasir Dakota, diketahui lokasi rekomendasi yang memiliki litologi dan parameter fisis baik adalah daerah yang memiliki nilai impedansi akustik relative rendah, dengan *range* kurang lebih 27.000 ft/s\*g/cc – 29.000 ft/s\*g/cc, dan memiliki sebaran di bagian tengah hingga ke bagian selatan dari daerah penelitian.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.R.P. mengucapkan terima kasih kepada *RMOTC* dan *U.S. Department of Energy* selaku pemilik dan penyedia data lapangan penelitian *Teapot Dome*, dan juga kepada Ibu Wien Lestari dan Bapak Firman Syaifuddin atas semua bantuan, masukan, dan saran dalam penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. P. Cooper, "Deformation Within a Basement-Cored Anticline: Teapot Dome, Wyoming," *Socorro Dep. Earth Environmental Sci. – New Mex. Tech*, 2000.
- [2] A. O. Okojie-Ayoro, "An Approach to Mapping of Shallow Petroleum Reservoirs Using Integrated Conventional 3D and Shallow P-and SH-Wave Seismic Reflection Methods at Teapot Dome Field in Casper, Wyoming," Brigham University, 2007.
- [3] R. Purnamasari, "Ekstraksi Properti Reservoir dari Atribut Seismik 3-D Dengan Metoda Inversi dan Geostatistik di Lapangan 'X,'" Universitas Indonesia, 2008.
- [4] D. A. Herron, "First Steps in Seismic Interpretation," Oklahoma, 2011.