

Pemodelan Geologi Bawah Permukaan Untuk Menghitung Cadangan Hidrokarbon Formasi Tensleep Bagian Atas Menggunakan Metode Volumetrik Pada Lapangan Teapot Dome, Wyoming, U.S.A

Dessy Natalia Renwarin¹, Leslie.S.Loppies²

^{1,2)} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

^{1,2)} dessyrenwarin@gmail.com , lesliesaptenno@yahoo.co.id.

Abstract

One of the evaluations of work that is widely carried out in a petroleum industry is the estimate of oil and gas reserves that can be taken in a reservoir. The estimated oil and gas reserves are part of the business activities of an oil company which includes the estimated income obtained from the production and sale of oil and gas reserves. While the reserve itself can be interpreted as the amount (volume) of oil and or gas in the reservoir that has been found. It is known that the estimation and calculation of hydrocarbon reserves is very important, so this causes many oil companies to try to find the most appropriate method to obtain accurate results, thus bringing huge profits to an oil and gas company. In this paper, the study was conducted using a volumetric method to calculate hydrocarbon reserves in the upper Tensleep formation at the Teapot Dome Field. The determination of hydrocarbon fluid contact in the top Tensleep formation is assumed to have only oil-water contact (OWC) found at a depth of -5452 SSTVD where fluid in the form of oil is obtained so that the equation used in this study is the original oil in place (OOIP) equation and uses the input parameter values from petrophysical analysis in previous studies. The parameter values used include porosity values of 7.4%, water saturation values of 53.37%, net to gross values of 0.39. 4. The results of the study showed that the estimated reserves that can be calculated in the Top Tensleep formation of the Teapot Dome field have a pore volume of 232.49 MMRB. From these results, the original oil in place (OOIP) value was obtained at 121.42 STB.

Keywords: *Subsurface Modeling, Hydrocarbon Reserves, Tensleep Formation, OOIP, Volumetric, Teapot Dome.*

Abstrak

Salah satu evaluasi kerja yang banyak dilakukan dalam suatu industri perminyakan adalah perkiraan cadangan minyak dan gas bumi yang dapat diambil pada suatu *reservoir*. Perkiraan cadangan minyak dan gas bumi tersebut merupakan bagian kegiatan bisnis dari suatu perusahaan minyak yang meliputi estimasi penghasilan yang didapat dari hasil produksi dan penjualan cadangan minyak dan gas. Sedangkan cadangan sendiri dapat diartikan sebagai jumlah (*volume*) minyak dan atau gas di dalam *reservoir* yang telah ditemukan. Diketahui bahwa estimasi dan perhitungan cadangan hidrokarbon sangatlah penting, sehingga hal ini menyebabkan banyak perusahaan minyak berusaha mencari metode yang paling tepat agar didapat hasil yang akurat, sehingga mendatangkan keuntungan yang besar bagi suatu perusahaan minyak dan gas. Dalam penulisan ini, penelitian dilakukan dengan menggunakan metode volumetrik untuk menghitung cadangan hidrokarbon di formasi *Tensleep* bagian atas pada Lapangan *Teapot Dome*. Penentuan kontak fluida hidrokarbon dalam formasi *Top Tensleep* diasumsikan hanya terdapat kontak minyak-air atau *oil water contact* (OWC) yang ditemukan pada kedalaman -5452 SSTVD dimana diperoleh fluida berupa minyak sehingga persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan *original oil in place* (OOIP) dan menggunakan nilai-nilai parameter inputan hasil analisis petrofisika pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Nilai-nilai parameter yang digunakan antara lain nilai *porosity* sebesar 7.4% , nilai *water saturation* sebesar 53,37%, nilai *net to gross* sebesar 0,39. Hasil penelitian menunjukkan estimasi cadangan yang dapat dihitung pada formasi *Tensleep* bagian atas lapangan *Teapot Dome* memiliki volume pori (*pore volume*) sebesar 232.49 MMRB. Dari hasil tersebut didapat nilai *original oil in place* (OOIP) sebesar 121.42 STB.

Kata kunci : *Pemodelan Subsurface, Cadangan Hidrokarbon, Formasi Tensleep, OOIP, Volumetric, Teapot Dome.*

1. Latar Belakang

Salah satu evaluasi kerja yang banyak dilakukan dalam suatu industri perminyakan adalah perkiraan cadangan minyak dan gas bumi yang dapat diambil pada suatu *reservoir*. Perkiraan cadangan minyak dan gas bumi tersebut merupakan bagian kegiatan bisnis dari suatu perusahaan minyak yang meliputi estimasi penghasilan yang didapat dari hasil produksi dan penjualan cadangan minyak dan gas. Sedangkan cadangan sendiri dapat diartikan sebagai jumlah (*volume*) minyak dan atau gas di dalam *reservoir* yang telah diketemukan. Adanya potensi cadangan hidrokarbon pada suatu area didapat dari penelitian geologi dan geofisika (seismik, magnetik, dan gravitasi). Data yang diperlukan untuk membuktikan ada atau tidaknya potensi cadangan hidrokarbon pada suatu area, yaitu data bawah permukaan (*seismic, logging, coring* dan *cutting*). Jika litologi batuan mengindikasikan adanya suatu *reservoir*, maka untuk membuktikan ada tidaknya cadangan hidrokarbon dilakukan pemboran lubang sumur serta serangkaian pengukuran di dalam sumur (*logging*) dan evaluasi data hasil rekaman untuk memastikan ada tidaknya cadangan minyak dan gas di dalam *reservoir*.

Estimasi dan menghitung cadangan hidrokarbon sangatlah penting, sehingga hal ini menyebabkan banyak perusahaan minyak berusaha mencari metode yang paling tepat agar didapat hasil yang akurat, sehingga mendatangkan keuntungan yang besar bagi suatu perusahaan minyak dan gas. Dalam tugas akhir ini, penelitian dilakukan dengan menggunakan metode volumetrik untuk menghitung cadangan hidrokarbon di lapisan *reservoir*. Penelitian ini merupakan modifikasi dengan menambah variabel hasil analisis petrofisika dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Rudy Cahyadi (2016).

Perhitungan hidrokarbon dengan metode volumetrik mempunyai dua langkah penting yakni analisis petrofisika dan interpretasi seismik. Analisis petrofisika menghitung nilai-nilai properti fisika batuan seperti kandungan serpih (*V shale*), porositas (*porosity*), saturasi air (*saturation water*), dan ketebalan *reservoir*. Sedangkan dalam interpretasi seismik akan diperoleh luas area. Setelah didapatkan luas area dari interpretasi seismik dibuat peta struktur kedalaman. Lapangan *Teapot Dome* berada di Wyoming Tengah, Amerika Serikat. Lapangan ini tercatat sebagai 100 lapangan penghasil minyak terbesar di Amerika Serikat dengan cadangan yang terbukti sebesar 42.515.000 *barrel*.

Lapangan ini berada dekat dengan tepi barat daya Cekungan *Powder River*. Bagian terdalam dari Cekungan *Powder River* terdiri dari hampir 5.500 meter batuan sedimen, dan sekitar 2.440 meter dari sedimen tersebut merupakan sedimen *non marine* yang berumur *Cretaceous-Tertiary Extinction* dan batuan sedimen klastik Tersier yang berhubungan dengan *Orogenesis Laramide*. Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang perhitungan cadangan hidrokarbon dengan menggunakan metode volumetrik yang difokuskan pada bagian *Pennsylvanian*, khususnya pada lapisan *Tensleep* bagian atas karena lapisan ini diketahui memiliki litologi berupa *sand, carbonate, shale*, dan merupakan lapisan batupasir yang cukup tebal dengan *Eolian Dunes*.

Tujuan Penelitian dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dan geometri perangkat di lapangan *Teapot Dome*. Serta mengetahui besar estimasi cadangan hidrokarbon yang bisa dihitung pada formasi *Tensleep* bagian atas dengan menggunakan metode volumetrik.

2. Metode

Pada penelitian ini, digunakan data dari dua sumur yang berada di lapangan *Teapot Dome*, yaitu sumur 25-1-X-14 dan sumur 67-1-X-10, kemudian dilakukan analisis *well log*, analisis *seismic*,

subsurface mapping dan dilanjutkan dengan perhitungan cadangan dengan menggunakan metode volumetrik. Digunakan dua metode dalam penelitian ini, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Dalam tahapan penelitian, digunakan *software* untuk mengetahui kondisi bawah permukaan dan geometri perangkat di lapangan Teapot Dome serta dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui estimasi cadangan hidrokarbon formasi *Tensleep* bagian atas dengan menggunakan metode volumetrik. Berikut ini adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian :

1. Analisis Log dan Korelasi Sumur

Analisis *log* (*wireline log*) dilakukan dengan analisis interpretasi *log* serta korelasi sumur (*well correlation*) baik secara struktural maupun stratigrafi. Pada data *log* dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif, meliputi interpretasi litologi, lingkungan pengendapan (*facies*) serta fluida yang mengisi pori batuan. Dalam penentuan jenis litologi atau jenis batuan dalam suatu zona perlapisan dapat menggunakan kurva *log gamma ray* (GR), *log* resistivitas dan *log* porositas berdasarkan pola defleksi *log*. Korelasi sumur dilakukan sebelum pemetaan bawah permukaan untuk menyamakan unit yang memiliki umur geologi dan posisi stratigrafi yang sama. Pada korelasi sumur ini, memadukan persamaan pola dan prinsip geofisika yang utama dari pengukuran data *log*, dan parameter lainnya baik dari fasies pengendapan, dasar teknik *reservoir*, dan analisis kuantitatif serta kualitatif dari formasi.

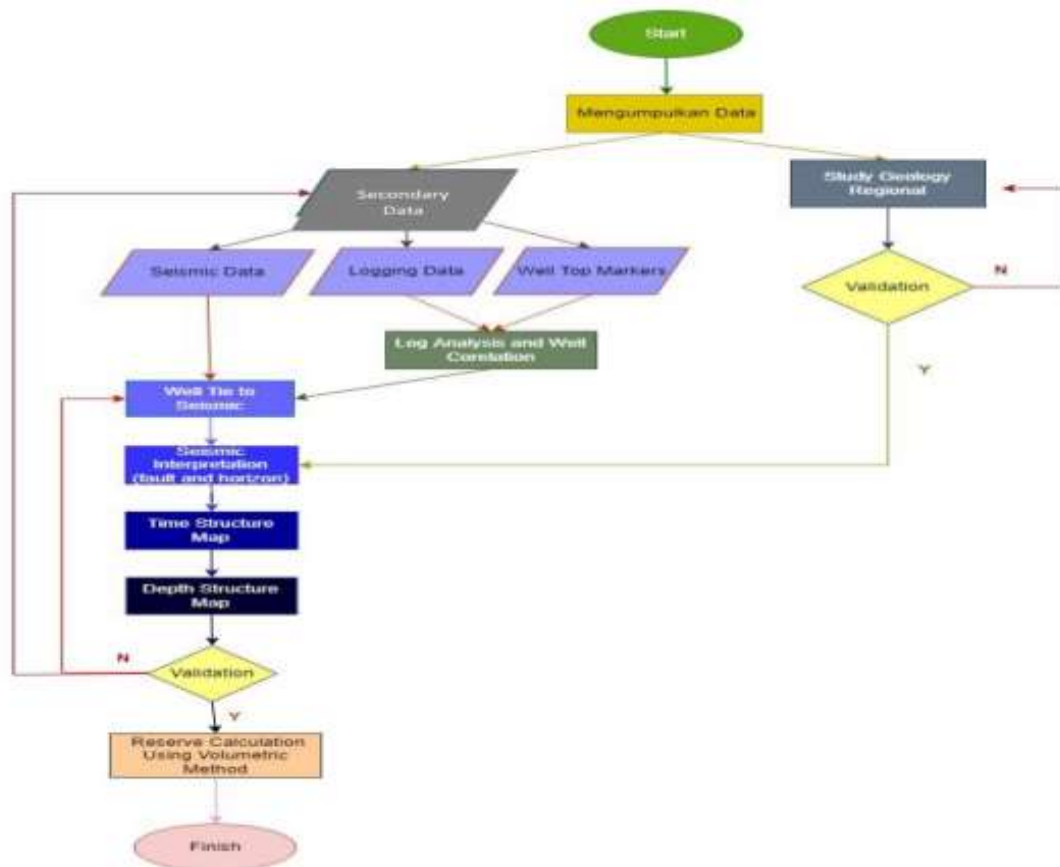
Korelasi sumur ini akan menghubungkan bidang datum lapisan yang mempunyai karakteristik yang sama antara 2 sumur di area penelitian yaitu sumur 25-1-X-14 dan sumur 67-1-X-10. Salah satu syarat bidang datum ialah suatu lapisan yang dapat ditemui di setiap sumur dan mudah dikenali dari bentuk konfigurasi data *log*-nya. Serta untuk mempermudah pengkorelasi, maka pemilihan bidang datum ini sebaiknya berdekatan dengan lapisan yang akan diteliti yang kemungkinan untuk ditemukannya hidrokarbon atau lapisan prospektif. Setelah dilihat pada stratigrafi regional lapangan *Teapot Dome* Cekungan *Powder River*, maka lapisan yang dijadikan bidang datum ialah lapisan formasi *Tensleep*.

2. Pemetaan Bawah Permukaan (*Subsurface Mapping*)

Pemetaan bawah permukaan ini didukung dengan adanya data seismik dan data *log* sumuran. Data ini digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan suatu *reservoir* dan juga penyebaran *reservoir* pada suatu formasi.

3. Perhitungan Cadangan Menggunakan Metode Volumetrik

Metode volumetrik digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung cadangan hidrokarbon minyak pada formasi *Tensleep* bagian atas di lapangan *Teapot Dome*. Penentuan cadangan hidrokarbon ini juga harus ditentukan dari kontak fluida terlebih dahulu, dimana dalam penelitian ini telah ditentukan *Oil Water Contact* pada formasi *Tensleep*. Karena adanya keterbatasan data, maka perhitungan dilakukan secara manual dengan memasukan rumus *Original Oil In Place* (OOIP) ke *Microsoft Excel* dengan nilai dari beberapa parameter inputan seperti nilai porositas, *Water Saturation* (Sw), dan *Oil Formation Volume Factor* (Boi) diambil dari referensi hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

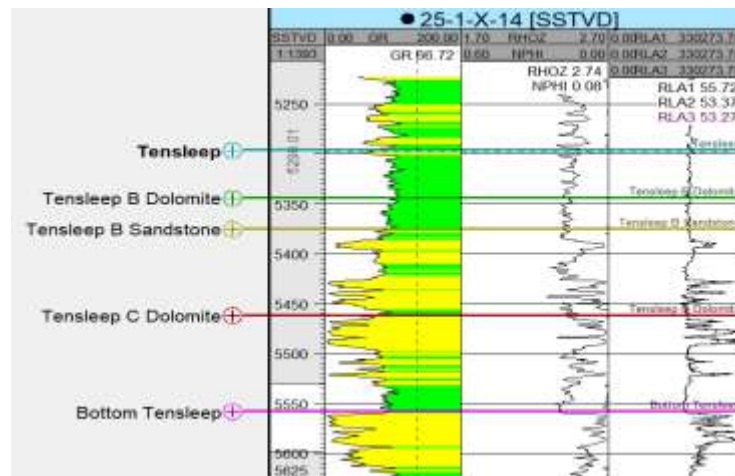
3. Hasil dan Pembahasan

1. Well Log Analysis

a. Identifikasi Litologi

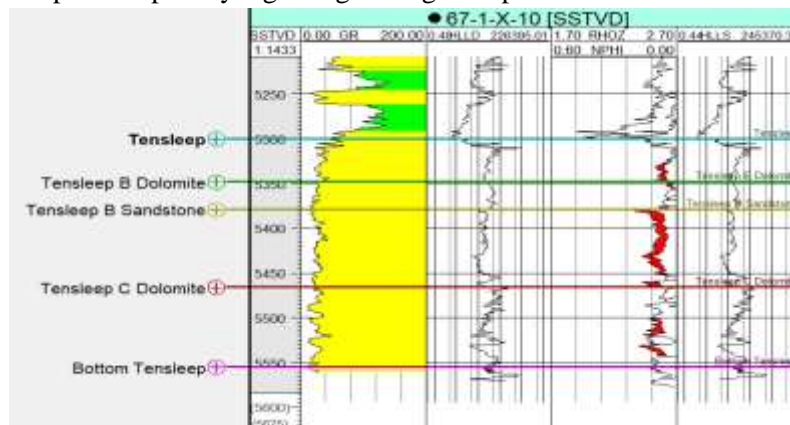
Sumur 25-1-X-14 dan sumur 67-1-X-10 memiliki data *logging* yang dapat digunakan untuk analisis dan interpretasi *log* secara kualitatif dan kuantitatif. Pada data *log* yang dimiliki, dapat dilakukan interpretasi litologi batuan, lingkungan pengendapan atau *facies* dan juga menentukan target kedalaman hidrokarbon. Pada penelitian ini, yang menjadi target utama untuk dianalisis dalam penelitian ini adalah formasi *Tensleep* berumur *Pennsylvanian*.

Berdasarkan hasil penelitian dan interpretasi *log* sumur 25-1-X-14 yang memiliki *total depth* 5962 ft, formasi *Tensleep* berada di kedalaman 5749-5900 ft. Pada kedalaman tersebut, dijumpai nilai *gamma ray* yang rendah dan kurva *gamma ray* yang cenderung terdefleksi ke kiri yang mengindikasikan bahwa formasi *Tensleep* merupakan lapisan yang sedikit mengandung serpih dan lebih banyak mengandung batupasir dan merupakan zona *permeable*.



Gambar 2 Interpretasi Log Sumur 25-1-X-14

Sedangkan untuk sumur 67-1-X-10 yang memiliki *total depth* 5650 ft dengan formasi *Tensleep* berada di kedalaman 5356-5522 ft. Pada kedalaman tersebut, dijumpai nilai *gamma ray* yang juga rendah dan kurva *gamma ray* yang juga cenderung terdefleksi ke kiri, mengindikasikan bahwa formasi *Tensleep* pada sumur 67-1-X-10 merupakan lapisan yang mengandung batu pasir.



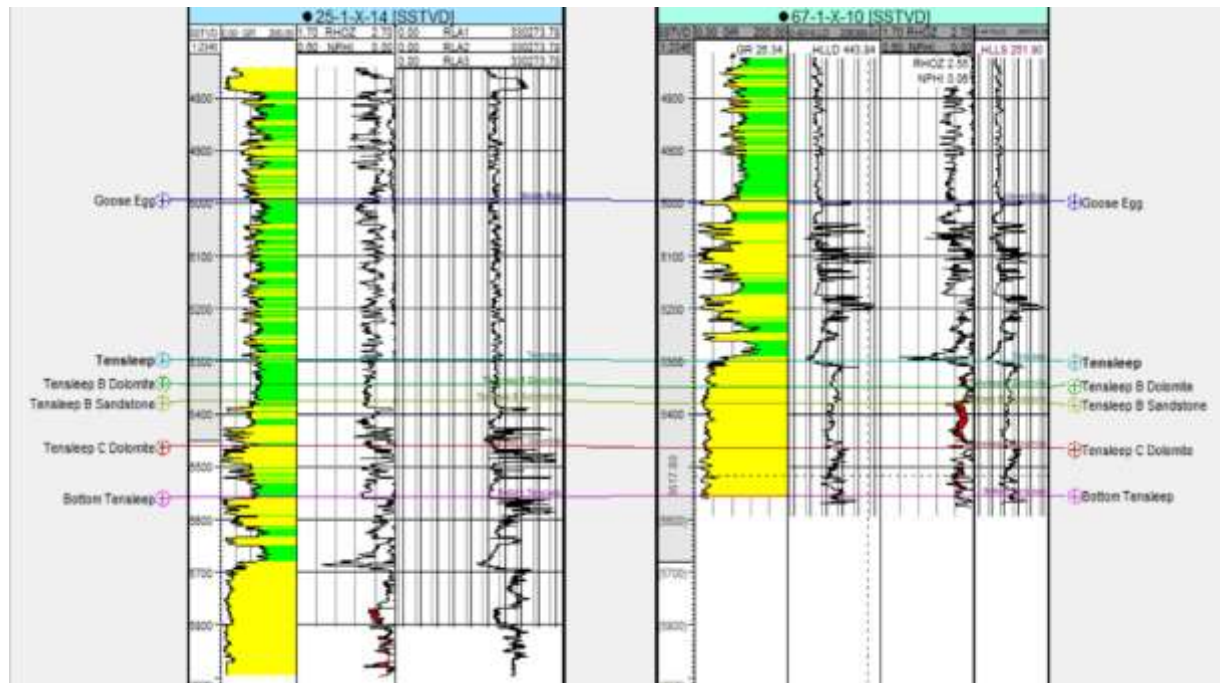
Gambar 3. Interpretasi Log Sumur 67-1-X-10

Dari hasil interpretasi *log* kedua sumur, dapat dilihat pada *log* densitas dan *log* neutron di sumur 25-1-X-14 tidak mengalami perpotongan (*crossover*) yang menandakan bahwa formasi *Tensleep* pada kedalaman tersebut tidak teridentifikasi adanya fluida atau hidrokarbon yang mengisi pori pada batuan. Sedangkan jika dilihat pada sumur 67-1-X-10, *log* densitas dan *log* neutron mengalami perpotongan (*crossover*) yang menandakan formasi *Tensleep* pada kedalaman tersebut teridentifikasi adanya fluida atau hidrokarbon yang mengisi ruang pori pada batuan.

b. Korelasi Sumur (Well Correlation)

Korelasi antar sumur dilakukan dengan menggunakan data *well top marker* yang disesuaikan dengan sumur 25-1-X-14 dan sumur 67-1-X-10 serta dilakukan dengan menganalisis data *log*. Pada penelitian ini

dilakukan korelasi secara stratigrafi pada perangkat lunak dengan data *log* yang tersedia yang bertujuan untuk melihat distribusi dari *reservoir* pada kedua sumur.

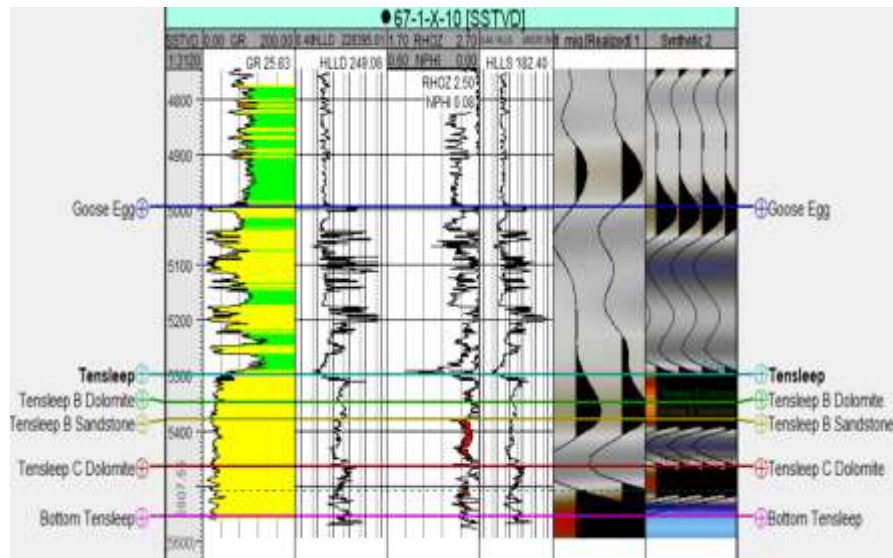


Gambar 4. Korelasi Sumur 25-1-X-14 dan Sumur 67-1-X-10

Korelasi sumuran secara stratigrafi menggunakan lintasan sumur berarah Barat – Timur dan menggunakan datum (*marker*) berupa adanya umur geologi yang sama dari formasi *Tensleep* di kedua sumur pada lapangan *Teapot Dome*. Data *log* sumuran pada lapangan *Teapot Dome* ini tidak menerus sehingga dilakukan *flattening on depth* (penyamaan kedalaman awal tiap sumur) menggunakan data *top* formasi *Tensleep*.

c. Well to Seismic Tie

Proses *well to seismic tie* dilakukan dengan memasukkan data *checkshot* dari kedua sumur, kemudian dilakukan penyesuaian posisi *wiggle* dari *seismic* sehingga mempunyai posisi yang sama dengan *synthetic* yang berasal dari data *log sonic*. *Well to seismic tie* ini erat kaitannya juga dengan data *well top* dimana data *well top* ini akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan *picking horizon*. *Well top* yang dijadikan acuan yaitu *top* dan *bottom* dari formasi *Tensleep* yang menjadi target *reservoir* lapangan *Teapot Dome* dalam penelitian ini. Dari hasil *well to seismic tie* maka didapatkan posisi *marker* pada *seismic* yang sudah sesuai, sehingga dilanjutkan dengan *horizon interpretation* (interpretasi lapisan) dan *fault interpretation* (interpretasi patahan) untuk dapat di *convert* pada peta struktur waktu dan peta struktur kedalaman.



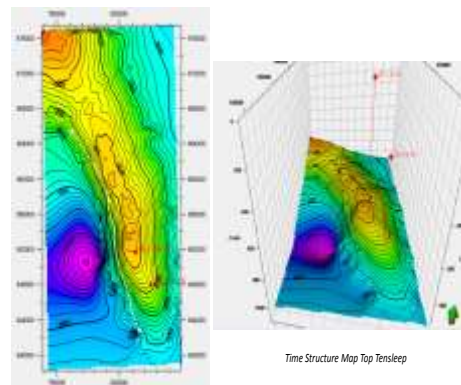
Gambar 5. Well to seismic tie sumur 67-1-X-10

2. Subsurface Mapping (Pemetaan Bawah Permukaan)

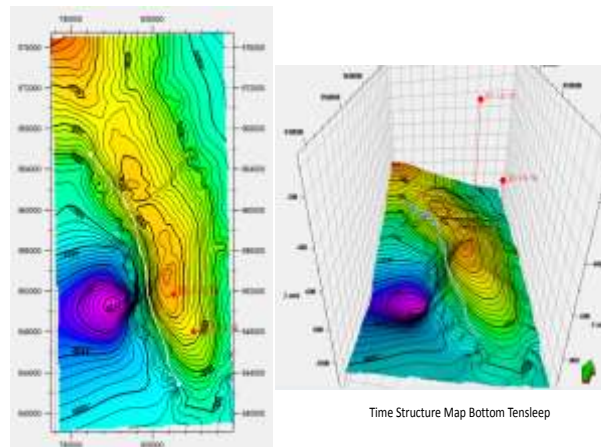
Pemetaan bawah permukaan merupakan metode yang dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi dibawah permukaan. Pembacaan kondisi geologi sangatlah penting dalam pertimbangan pengambilan keputusan untuk kegiatan eksplorasi selanjutnya. Untuk mendapatkan gambaran bawah permukaan, dilakukan pemetaan menggunakan data seismik 3D yang disertai dengan data *checkshot*. Pemetaan bawah permukaan dengan data seismik dan *checkshot* tersebut akan menghasilkan peta *time structure* dan peta *depth structure* pada tiap zona target *reservoir* yang dalam penelitian ini adalah *Top Tensleep* dan *Bottom Tensleep*.

a. Time Structure Map (Peta Struktur Waktu)

Time structure map memiliki penampilan yang tidak jauh berbeda dengan *depth structure map* yang akan dihasilkan. Pada dasarnya waktu tempuh gelombang yang digunakan pada proses pengambilan data seismik dalam kondisi normal memiliki nilai berbanding lurus dengan kedalaman lapisan yang diinginkan. Hasil dari penarikan lapisan (interpretasi *horizon*) akan diinterpolasi sehingga menghasilkan peta struktur domain waktu pada bidang lapisan *Top Tensleep* dan *Bottom Tensleep*.



Gambar 6. Time Structure Map Top Tensleep



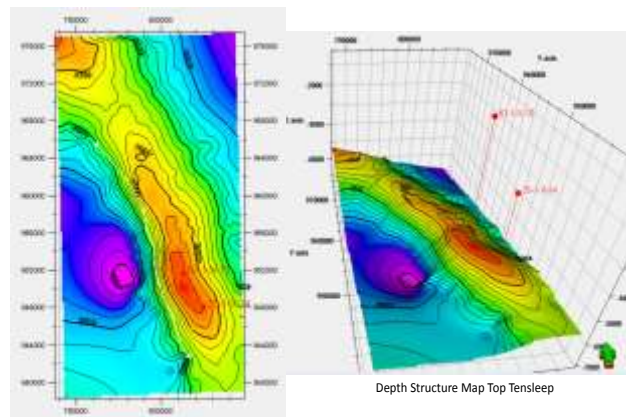
Gambar 7. *Time Structure Map Bottom Tensleep*

Dari hasil pembuatan *time structure map*, 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 lapangan *Teapot Dome* terbentuk baik pada struktur antiklin.

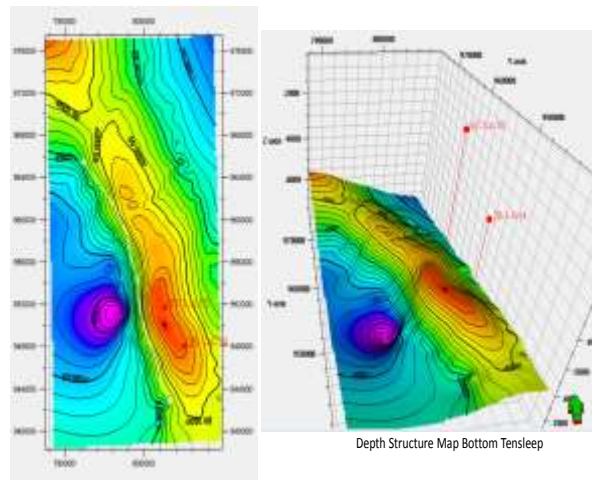
b. *Depth Structure Map* (Peta Struktur Kedalaman)

Dari *time structure map* yang telah dihasilkan melalui interpretasi seismik 3D kemudian di konversi menjadi domain *depth* dengan bantuan perangkat lunak yang kemudian akan menghasilkan *depth structure map*. Untuk melakukan konversi dari peta struktur domain waktu menjadi domain kedalaman maka perlu dilakukan tahapan *fault modelling* (pemodelan patahan). Pemodelan patahan ini dilakukan untuk mengkorelasikan antara patahan yang diinterpretasi dengan *time structure map*, sehingga struktur *fault* akan mempengaruhi bentuk (*shifting*) sesuai dengan arah dan bentuk *fault*.

Fault modeling dilakukan pada perangkat lunak dengan membuat *pillar* pada patahan kemudian memasukan *pillar* pada *surface* sehingga akan menghasilkan skeleton pada *pillar gridding*. Setelah selesai dilakukan *fault modeling*, kemudian dilanjutkan dengan *velocity model* yang merupakan parameter untuk mengkonversikan peta struktur waktu menjadi peta struktur kedalaman zona target yaitu *top* dan *bottom Tensleep*.



Gambar 8. *Depth Structure Map Top Tensleep*



Gambar 9. *Depth Structure Map Bottom Tensleep*

Tabel 1. Parameter Inputan Hasil Penelitian Analisis Petrofisika Formasi Tensleep (Rudi Cahyadi 2016)

Formation	Field	Porosity ϕ	Sw	NTG
Tensleep	Teapot Dome	7.4%	53.37%	0.39

Hasil analisis petrofisika pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Tabel 1) dengan menggunakan tujuh sumur di lapangan *Teapot Dome* sebagai sumur acuan (*well references*) menunjukkan nilai rata-rata parameter *property reservoir* formasi *Tensleep* yang akan digunakan dalam perhitungan OOIP formasi *Top Tensleep*. Nilai-nilai parameter yang digunakan antara lain nilai *porosity* sebesar 7.4% , nilai *water saturation* sebesar 53,37%, nilai *net to gross* sebesar 0,39.

Tabel 2. Perhitungan OOIP Formasi *Top Tensleep*

OWC (TVDSS)	Volume Reservoir V _{bulk}			NTG	ϕ	Sw	Pore Volume	Gas Volume	Boi	OOIP
	m ³	acre-ft	cuft x 10 ⁶	fraksi	fraksi	fraksi	cuft x 10 ⁶	cuft x 10 ⁶	stb/bbls	STB
-5452	1,280,360,000	1,038,371.96	8,055.69	0.390	0.074	0.534	232.49	108.41	1.1200	121.42
TOTAL										121.42

Setelah dimasukan semua nilai parameter yang diperlukan untuk mengetahui estimasi cadangan minyak yang dapat dihitung, maka hasil perhitungan menunjukkan bahwa formasi *Top Tensleep* memiliki nilai *Original Oil In Place* (OOIP) sebesar 121.42 STB.

4. Penutup

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi bawah permukaan lapangan *Teapot Dome* berdasarkan data dari 2 sumur yang telah dilakukan analisis dan interpretasi log menunjukkan bahwa pada sumur 25-1-X-14 yang memiliki *total depth* 5962 ft, formasi *Tensleep* berada di kedalaman 5749-5900 ft. Pada kedalaman tersebut, dijumpai nilai *gamma ray* yang rendah dan kurva *gamma ray* yang cenderung terdefleksi ke kiri yang mengindikasikan bahwa formasi *Tensleep* merupakan lapisan yang sedikit mengandung serpih dan lebih banyak mengandung batupasir dan merupakan zona *permeable*. Sedangkan untuk sumur 67-1-X-10 yang memiliki *total depth* 5650 ft dengan formasi *Tensleep* berada di kedalaman 5356-5522 ft. Pada kedalaman tersebut, dijumpai nilai *gamma ray* yang juga rendah dan kurva *gamma ray* yang juga cenderung terdefleksi ke kiri, mengindikasikan bahwa formasi *Tensleep* pada sumur 67-1-X-10 merupakan lapisan yang mengandung batupasir.
2. Dari hasil interpretasi log kedua sumur, dapat dilihat pada log densitas dan log neutron di sumur 25-1-X-14 tidak mengalami perpotongan (*crossover*) yang menandakan bahwa formasi *Tensleep* pada kedalaman tersebut tidak teridentifikasi adanya fluida atau hidrokarbon yang mengisi pori pada batuan. Sedangkan jika dilihat pada sumur 67-1-X-10, log densitas dan log neutron mengalami perpotongan (*crossover*) yang menandakan formasi *Tensleep* pada kedalaman tersebut teridentifikasi adanya fluida atau hidrokarbon yang mengisi ruang pori pada batuan.
3. Dari hasil pembuatan *structure map*, 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 lapangan *Teapot Dome* terbentuk baik pada struktur antiklin.
4. Hasil estimasi cadangan yang dapat dihitung pada formasi *Top Tensleep* lapangan *Teapot Dome* memiliki volume pori (*pore volume*) sebesar 232.49 MMRB. Dari hasil tersebut didapat nilai *Original Oil In Place* (OOIP) sebesar 121.42 STB.

5. Referensi

- Anna, Lawrence O. (2009). *Geologic Assessment of Undiscovered Oil and Gas in the Powder River Basin Province, Wyoming and Montana*. U.S. Geological Survey. Virginia.
- Ariyanto, Y. *Pemodelan Impedansi Akustik untuk Karakterisasi Reservoir pada Daerah 'X' Sumatra Selatan*. (Skripsi). UI. Depok.
- Bassiouni, Z., (1994). *Theory, Measurement, and Interpretation of Well Log*. The society of petroleum, Inc: Richardson, TX.
- Brennan, S.T., Dennen, K., & Burruss, R.C., (2006). *Timing of Hydrocarbon Emplacement in Ozokerite and Calcite Lined Fractures, Teapot Dome, Wyoming*. U.S. USGS, Geological Survey.
- Brown. (2005). *Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data, Fifth Edition*. AAPG Memoir 42 SEG Investigation in Geophysics. No. 9.
- Cooper, S.P. 2000. *Deformation Within A Basement-Cored Anticline: Teapot Dome, Wyoming*. (Tesis). Department of Earth and Environmental Science New Mexico Tech Socorro. New Mexico.
- Darling, T., (2005). *Well Logging and Formation Evaluation*. Gulf Freeway. Texas.

Dennen, K., Burns, W., Burruss, R., & Hatcher, K., (2005). *Geochemical analyses of oils and gases, Naval Petroleum Reserve No. 3. Teapot Dome Field*, Natrona County. Wyoming.

Gaol, P. L. (2016). *Karakterisasi Reservoar untuk Menentukan Zona Prospek Berdasarkan Data Seismik dan Data Sumur Menggunakan Metode Inversi Akustik Impedansi (AI) dan Analisa Multi atribut Studi Kasus Formasi Talang Akar Lapangan FL Cekungan Sumatera Selatan.* (Skripsi). UGM.Yogyakarta.

Garcia, R.G., 2005. *Reservoir Simultan of CO2 Sequestration and Enhanced Oil Recovery In The Tensleep Formation, Teapot Dome Field.* Texas: A&M University.

Khairunnas & et.al. Analisis Log Petrofisika Untuk Menentukan Zona Prospek Hidrokarbon Di Lapangan Teapot Dome Wyoming Amerika Serikat. (Jurnal). Universitas Mataram.

Made,Jnanaparama. (2017). Evaluasi Formasi Menggunakan Analisis Data Log Dan Core Pada Lapangan Md, Formasi Tensleep, Powder River Basin, Wyoming U.S.A. (Skripsi). Universitas Lampung.

Rudi,Cahyadi. (2016). Karakterisasi Reservoir Dan Perhitungan Volumetrik Cadangan Minyak Menggunakan Analisis Petrofisika Dan Interpretasi Seismik Pada Formasi Tensleep Di Lapangan Teapot Dome, Cekungan Powder River, Wyoming. (Skripsi). UGM. Yogyakarta

Sukmono, S. 2013. *Seismic Interpretation.* Jurusan Teknik Geofisika ITB. Bandung.

Sukmono, S. 2016. *Seismic Inversion for Reservoar Characterization.* Jurusan Teknik Geofisika ITB. Bandung.