

PERHITUNGAN *ESTIMATE REMAINING RESERVE* PADA *RESERVOIR GAS WATER DRIVE* DENGAN METODE *MATERIAL BALANCE* PADA LAPANGAN KW

Kartika Wibowo^{1*}, Boni Swadesi², Indah Widyaningsih³, Nuraisyah Ningsih⁴

¹⁾ Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

*email korespondensi: indahwidiyaningsih@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Reservoir "X" Lapangan Gas "KW", merupakan reservoir gas yang telah dikembangkan sejak tahun 2009. Reservoir ini memiliki 2 sumur produksi. Pada tahun 2018, sumur-2 telah ditutup karena produksi air mencapai 311,95 BWPD sehingga produksi air mengurangi produksi gas. Pada 2019, semua sumur ditutup. Reservoir ini telah menghasilkan 5,55 BSCF gas dan 5,4 MBBL air. Di reservoir X, ada rencana untuk dikembangkan. Untuk pengembangan lapangan digunakan metode CARET dan software MBAL untuk menentukan cadangan gas di reservoir. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode CARET didapatkan nilai OGIP CARET sebesar 8,7763 BSCF dengan koefisien variasi (V) terkecil sebesar 1,47% pada model akuifer kerja hingga kondisi tidak tunak ($rD = 10$) dan konstanta waktu tak berdimensi (A) dari 1,8 Tahun⁻¹. Dengan menggunakan software IPM-MBAL diperoleh nilai OGIP sebesar 8,7846 BSCF menggunakan metode Havlena Odeh (Water Drive). Dengan menggunakan nilai OGIP dari metode CARET, Estimasi Ultimate Recovery adalah 5,7668 BSCF dan Estimasi Remaining Reserve adalah 0,2168 BSCF. Selain itu, dengan menggunakan nilai OGIP dari perangkat lunak MBAL, Estimasi Ultimate Recovery adalah 5,7723 BSCF dan Estimasi Remaining Reserve adalah 0,2223 BSCF. Dengan jumlah cadangan gas sisa yang kecil dan produksi air yang berlebihan, reservoir X di Lapangan KW tidak layak lagi untuk dikembangkan.

Kata Kunci: CARET; *estimate remaining reserve*; MBAL

ABSTRACT

Reservoir "X" Gas Field "KW", are gas reservoirs that have been developed since 2009. This reservoir has 2 production wells. In 2018, well-2 was closed because water production reached 311.95 BWPD, so water production reduced gas production. In 2019, all wells were closed. This reservoir has produced 5.55 BSCF of gas and 5.4 MBBL of water. In reservoir X, there are plans to develop. For field development, the CARET method and MBAL software are used to determine gas reserves in reservoirs. From the results of calculations using the CARET method, the OGIP CARET value is 8.7763 BSCF with the smallest coefficient of variation (V) of 1.47% in the working aquifer model to non-steady conditions ($rD = 10$) and the dimensionless time constant (A) of 1.8 Year⁻¹. By using the IPM-MBAL software, an OGIP value of 8.7846 BSCF was obtained using the Havlena Odeh (Water Drive) method. Using the OGIP value from the CARET method, the Ultimate Recovery Estimation is 5.7668 BSCF and the Remaining Reserve Estimation is 0.2168 BSCF. Also, using the OGIP values from the MBAL software, the Estimated Ultimate Recovery is 5.7723 BSCF and the Estimate Remaining Reserve is 0.2223 BSCF. With a small amount of residual gas reserves and excessive water production, reservoir X in the KW Field is no longer feasible for development.

Keywords: CARET; *estimated remaining reserves*; MBAL

I. PENDAHULUAN

Gas alam merupakan salah satu sumber energi yang kita gunakan saat ini. Salah satu pekerjaan penting dalam industri migas adalah pendugaan cadangan gas awal yang terakumulasi dalam suatu reservoir. Perhitungan jumlah cadangan gas dalam suatu reservoir gas merupakan langkah yang sangat penting dalam menentukan pengelolaan lapangan gas tersebut.

Sebelum melakukan pengembangan lapangan, penentuan cadangan gas sisa merupakan elemen penting untuk menentukan apakah reservoir gas tersebut layak untuk dikembangkan atau tidak. Untuk menentukan cadangan gas sisa perlu ditentukan nilai *Original Gas in Place* (OGIP) dengan menggunakan metode keseimbangan material karena sudah terdapat data produksi dan penurunan tekanan sebagai koreksi perhitungan OGIP berbasis volumetrik. Setelah menentukan nilai OGIP

reservoir gas, selanjutnya menentukan *recovery factor*, *estimasi ultimate recovery*, dan *estimate remaining reserve*.

Untuk menghitung OGIP, Anda harus terlebih dahulu menentukan *drive mechanism* reservoir. Penentuan *drive mechanism* pada suatu reservoir gas perlu dilakukan untuk membuktikan bahwa reservoir tersebut memiliki *drive mechanism depletion* atau *water drive*. Kalau *water drive*, bisa dilihat apakah lemah, sedang, atau kuat. Untuk menentukan *drive mechanism* suatu reservoir dapat digunakan *Cole Plot*. Jika *drive mechanism*-nya adalah *depletion drive* maka bisa menggunakan metode P/Z vs Gp, jika *drive mechanism*-nya *water drive* bisa menggunakan petak akuifer pot, dan jika mekanisme penggerakannya sedang dan kuat bisa menggunakan *water drive* metode CARET (*Combine Aquifer Reservoir Expansion Term*). Selain itu, perhitungan OGIP juga dapat menggunakan *software* MBAL. Setelah menghitung OGIP menggunakan metode keseimbangan material, maka dimungkinkan untuk menentukan faktor pemulihan *reservoir*. Setelah mengetahui *recovery factor reservoir*, maka dapat dihitung *estimasi ultimate recovery* dan sisa cadangan reservoir. Setelah didapatkan nilai estimasi sisa cadangan maka dapat ditentukan reservoir gas tersebut layak untuk dikembangkan atau tidak layak untuk dikembangkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Drive mechanism reservoir adalah energi alami yang dimiliki reservoir, menyebabkan aliran fluida hidrokarbon ke lubang sumur dan kemudian ke permukaan atau mendorongnya ketika diproduksi. Pada reservoir gas terdapat 2 jenis *drive mechanism* yaitu *depletion drive* dan *water drive*. Sumber tenaga pendorong alamiah berasal dari pengembangan gas itu sendiri dengan volume tetap, sehingga sering disebut “volumetric gas reservoir”, sedangkan pada reservoir gas *water drive*, energi pendesak yang mendorong fluida hidrokarbon mengalir berasal dari air yang terperangkap bersama-sama dengan gas yang berada dalam batuan reservoir. Untuk mengidentifikasi *drive mechanism* pada reservoir gas dapat menggunakan metode *Cole Plot*.

Combine Aquifer Reservoir Expansion Term (CARET) diterapkan dari kombinasi penyederhanaan metode *Tehrani's voidages* dan persamaan garis lurus dari *Havlena-Odeh*. Persamaan CARET dikembangkan pada model *radial aquifer van Everdingen-Hurst* (VEH) *unsteady-state* tetapi bisa dipermudah untuk analisis model lainnya. Hubungannya pun juga dipresentasikan untuk sensitivitas analisis untuk parameter *aquifer* yang diperoleh dari analisis persamaan garis lurus. Pada reservoir gas dengan *drive mechanism water drive* terdapat pengaruh dari *water influx*. Harga *water influx* (W_e) dapat ditentukan dengan melakukan permodelan *aquifer Van Everdingen-Hurst*.

Model *aquifer* VEH memiliki asumsi sebagai berikut:

1. Aliran air dari *aquifer* ke reservoir adalah aliran radial
2. Penurunan tekanan sepanjang (*across*) *aquifer* adalah konstan selama waktu alir.
3. Sifat fisik *aquifer* adalah konstan dan seragam.

Berdasarkan ketiga asumsi tersebut, persamaan model VEH adalah:

$$W_e = 1,119 \times \emptyset \times h \times C_e \times r_f^2 \times \theta \times \Delta p \times Q_{td} \dots \dots \dots (1)$$

Untuk mempermudah perhitungan maka persamaan umum model *aquifer unsteady-state* ini dapat disederhanakan dengan parameter konstanta *water influx unsteady-state* (C_v):

$$C_v = 1,119 \times \emptyset \times h \times C_e \times r_f^2 \times \theta \dots \dots \dots (2)$$

Perhitungan *water influx* model dapat menggunakan persamaan berikut:

$$W_e = C_v \Delta p Q_{td} \dots \dots \dots (3)$$

Untuk persamaan tD adalah sebagai berikut:

$$tD = \frac{k \times t}{\phi \times C_e \times \mu \times r^2} \dots\dots\dots(4)$$

Perhitungan *water influx material balance* menggunakan persamaan berikut:

$$W_e = F - G (E_g + E_{fw}) \dots\dots\dots(5)$$

Recovery Factor dapat diartikan sebagai persentase jumlah gas yang dapat diproduksi ke permukaan. Recovery Factor depletion water drive mechanism dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$RF = 100 \left[1 - \left(\frac{B_{gi}}{B_{ga}} \right) \right] \dots\dots\dots(6)$$

Recovery Factor pada water drive mechanism dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$RF = \frac{100 \left[\frac{1 - S_{wi}}{B_{gi}} \frac{S_{gr}}{B_{ga}} \right]}{\frac{1 - S_{wi}}{B_{gi}}} \dots\dots\dots(7)$$

Ultimate Recovery adalah jumlah keseluruhan (kumulatif) cadangan gas yang dapat diproduksi ke permukaan sampai batas ekonomisnya (abandonment). Untuk mengetahui estimate ultimate recovery dapat dilihat dari persamaan berikut ini :

$$EUR = OGIP \times RF \dots\dots\dots(8)$$

Remaining Reserve (RR) merupakan besarnya jumlah hidrokarbon yang belum terkuras dan masih terdapat di dalam reservoir. Untuk menentukan besarnya estimate remaining reserve dapat menggunakan persamaan berikut :

$$ERR = EUR - G_p \dots\dots\dots(9)$$

MBAL (Material Balance Analysis System) merupakan seperangkat alat yang digunakan untuk menganalisa dan membuat model reservoir dengan menggunakan data sejarah produksi reservoir dan data PVT dari fluida yang diproduksi yang dapat digunakan untuk memperkirakan Stock Tank Original Oil in Place (STOOIP) maupun Stock Tank Original Gas in Place (STOGIP) dengan memperhitungkan keseimbangan masa, serta mengidentifikasi mekanisme pendorong reservoir.

Data PVT serta sejarah produksi yang lengkap dan baik dimasukkan ke dalam MBAL sebagai data input. Setelah itu dari semua input itu, dilakukan history matching dengan guna untuk memvalidasi model pada MBAL ini dengan keadaan actual.

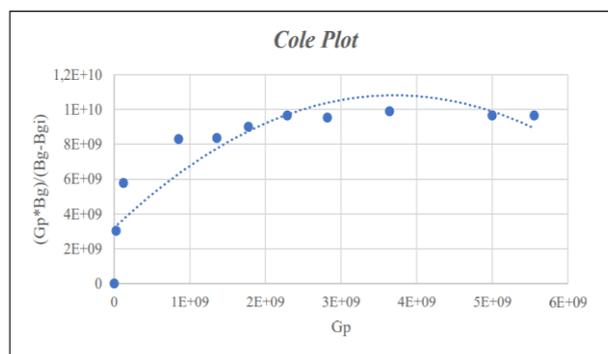
III. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data berupa data geologi, sifat fisik batuan, tekanan reservoir dan produksi, serta data PVT. Setelah mendapatkan data, selanjutnya mengidentifikasi mekanisme penggerak reservoir gas untuk menentukan metode yang tepat untuk menghitung OGIP. Perhitungan OGIP menggunakan metode CARET karena identifikasi mekanisme penggeraknya adalah penggerak air sedang atau penggerak air kuat. Setelah itu membuat model reservoir dengan software MBAL kemudian melakukan history matching menggunakan software MBAL dan

menghitung nilai OGIP menggunakan software MBAL. Terakhir, tentukan faktor pemulihan, Estimate Ultimate Recovery (EUR) dan Estimate Remaining Reserve (ERR).

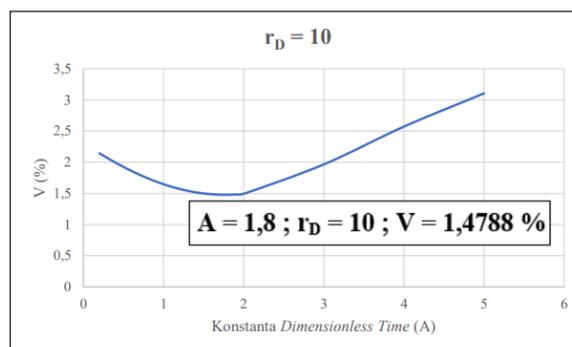
IV. METODOLOGI

Untuk mengetahui mekanisme penggerak pada reservoir gas dapat digunakan metode Cole Plot yaitu dengan memplot antara $G_p B_g / (B_g - B_{gi})$ vs G_p untuk mengetahui mekanisme penggerak pada reservoir. Dari hasil Cole Plot dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. tren terlihat bahwa kurva naik terus dan kemudian menurun terus dengan meningkatnya produksi gas kumulatif (G_p). Dari plot tersebut, reservoir “X” di lapangan KW memiliki mekanisme water drive yang sedang. Dari hasil plot tersebut, perhitungan OGIP dapat dilakukan dengan menggunakan metode CARET (Combine Aquifer Reservoir Expansion Term).

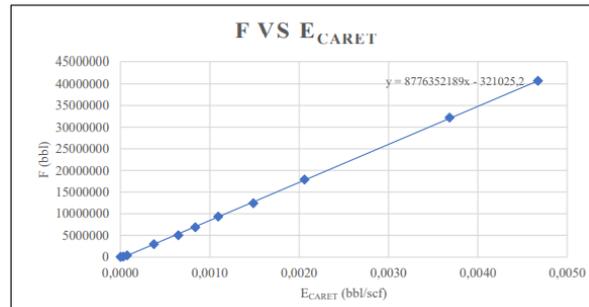


Gambar 4.1. Cole Plot Pada Reservoir KW

Dari hasil pemodelan akuifer dengan konsep unsteady state yang dilakukan trial & error pada model akuifer unsteady state kerja tak hingga dan kerja hingga dengan metode CARET, koefisien variasi (V) terkecil adalah 1,47% pada kondisi tidak tunak -status model akuifer kerja terbatas ($r_D = 10$) dan konstanta waktu tak berdimensi (A) sebesar 1,8 Tahun-1 yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**. Reservoir OGIP asli X di lapangan KW diperoleh dari kemiringan grafik plot antara F dan ECARET seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.16** adalah 8.7763 BSCF dan konstanta permeasi aliran masuk (U) adalah 1439.24 bbl/tahun/Psi. Hasil plot antara model aliran air (WeModel) terhadap waktu telah mendekati plot keseimbangan material aliran air (WeMbal) terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.17. Hasil plot menunjukkan bahwa perilaku WeModel telah mendekati perilaku WeMbal, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemodelan tersebut mewakili kondisi reservoir yang sebenarnya.



Gambar 4.2. Plot V (%) terhadap Konstanta Dimensionless Time (A) Pada Bentuk Aquifer Finite ($r_D = 10$)



Gambar 4.3. Plot F(bbl) terhadap ECARET (bbl/scf) Pada Bentuk Aquifer Finite ($rD = 10$) with $A = 1.8 \text{ Year}^1$



Gambar 4.4. Plot We-Model dan WeMbal terhadap Tahun

Perhitungan OGIP juga dapat dilakukan dengan menggunakan software IPM-MBAL. Dengan menggunakan software IPM MBAL diperoleh nilai OGIP sebesar 8,7846 BSCF menggunakan metode Havlena Odeh (Water Drive).

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai Recovery Factor (RF) di lapangan reservoir X KW sebesar 65,71% dan current recovery factor sebesar 63,3%. Dengan menggunakan nilai OGIP dari metode CARET maka Estimate Ultimate Recovery adalah 5.7668 BSCF dan Estimate Remaining Reserve adalah 0.2168 BSCF dan dengan menggunakan nilai OGIP dari software MBAL, Estimate Ultimate Recovery adalah 5.7723 BSCF dan Estimate Remaining Reserve adalah 0,2223. BSCF. Dengan jumlah cadangan gas sisa yang kecil dan produksi air yang berlebihan, reservoir X di Lapangan KW tidak layak lagi untuk dikembangkan.

V. KESIMPULAN

Reservoir X Lapangan KW memiliki mekanisme water drive sedang berdasarkan analisa menggunakan metode Cole Plot. Dari hasil pemodelan akuifer yang dilakukan secara trial & error dan dianalisis menggunakan persamaan garis lurus Material Balance dengan pendekatan metode CARET, koefisien variasi (V) terkecil sebesar 1,47% pada model akuifer berupa aksi hingga keadaan tidak tunak ($rD = 10$) dengan konstanta waktu tak berdimensi (A) sebesar 1,8 Tahun-1 dengan harga OGIP sebesar 8,7763 BSCF dan konstanta permeasi aliran air (U) sebesar 1439,24 bbl/tahun/Psi. Dengan menggunakan software IPM-MBAL nilai OGIP pada reservoir X di lapangan KW adalah 8,7846 BSCF dengan metode Havlena Odeh (Water Drive). Recovery Factor (RF) dan current recovery factor (CRF) pada reservoir X KW Field masing-masing adalah 65,71% dan 63,3%. Total estimasi ultimate recovery di Lapangan Reservoir X KW dengan nilai OGIP dari hasil perhitungan metode CARET dan software MBAL masing-masing adalah 5,7668 BSCF dan 5,7723

BSCF. Sedangkan perkiraan cadangan gas yang tersisa di Lapangan Reservoir X KW dengan nilai OGIP dari perhitungan metode CARET dan software MBAL masing-masing adalah 0,2168 BSCF dan 0,2223 BSCF. Dengan jumlah cadangan gas sisa yang kecil dan produksi air yang berlebihan, reservoir X di Lapangan KW tidak layak lagi untuk dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Tarek., "Equations of State and PVT Analysis", Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 2016.
- Ahmed, Tarek., "Reservoir Engineering Handbook", Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 2001.
- D, Havlena, A.S Odeh., "The Material Balance as an Equation of a Stright Line II"., Hudson's Bay Oil And Gas Co., Ltd.1964
- "MBAL Reservoir Engineering Toolkit User Guide Version 8.1". Petroleum Experts. 2015. "Kajian Plan of Development Lapangan KW". MBI. 2019