



# Teknologi Mineral

ISSN 0854 - 2554

Volume 23 Nomor 3, September-Desember 2010

Perencanaan dan Evaluasi Efektivitas Submergible Pump Untuk Mendapatkan Gaji  
Produksi yang Optimum

Measurement of Attenuation Coefficient of Near Surface Material Using SASW Method

Prediksi Kinerja sumur injeksi tipe "lift & pull" dengan metode analitik dan simulasi

Laboratorium study on bit based mud for field East Kalimantan

Pemetaan Sebaran Unsur pb Menggunakan Pendekatan Matematis  
(Studi Kasus di Blok Mandagang-Muara Sipongi, Sumatera Utara)

Stratigrafi dan Perkembangan Tektonik di Pulau Cendrawati Pelabuhan Ratu Sukabumi,  
Jawa Barat

Metode Pembelajaran Interaktif-Efektif pada Mata kuliah Paleontologi

Kontrol Struktur Geologi Terhadap Penyebaran Lapisan Batubara  
di Daerah Binungan Blok C-1

Perancangan Kinerja Reservoir Gas "X" dengan Mekanisme Pendorong Air

Alerasi akibat proses hidrotermal didaerah Kulon Progo dan sekitarnya,  
(daerah Istimewa Yogyakarta)

Kontribusi penggunaan pupuk untuk pertanian terhadap kualitas air sungai Bedog  
ditinjau pengetahuan, sikap dan pemupukan di Kabupaten Bantul



Jurnal Ilmu Kebumihan  
**Teknologi Mineral**

**PENANGGUNGJAWAB**

Dr. Ir. S. Koesnaryo, M.Sc., IPM  
Dekan Fakultas Teknologi Mineral  
UPN "Veteran" Yogyakarta

**PEMIMPIN REDAKSI**

Nur Ali Amri, MT

**WAKIL PEMIMPIN REDAKSI:**

Ir. Hasywir Thaib Siri, M.Sc.

**PENYUNTING / EDITOR**

Prof. Dr. Ir. Bambang Prastistho, M.Sc. (Teknik Geologi), Prof. Dr. Ir. C. Danisworo, M.Sc. (Teknik Geologi),  
Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti, M.Sc. (Teknik Geologi), Prof. Ir. D. Haryanto, M.Sc., Ph.D. (Teknik Pertambangan),  
Prof. Dr. Ir. Supranto, SU. (Teknik Kimia/Lingkungan), Dr. Ir. Waterman Sulistyana B., MT. (Teknik Pertambangan),  
Dr. Ir. Dyah Rini Ratnaningsih, MT. (Teknik Perminyakan), Dr. Ir. Sudarmoyo, SE, M.Sc. (Teknik Perminyakan),  
Dr. Ir. Suharsono, MT. (Teknik Geofisika)

**REDAKTUR PELAKSANA**

Dr. Ir. C. Prasetyadi, M.Sc., Dr. Ir. Harry Budiharjo S., MT., Dr. Ir. Barlian Dwinagara, MT., Ir. Kresno, M.Sc., MM.,  
Ir. F. Suhartono, M.Si., Ir. Bambang Triwibowo, MT., Dra. Yatini, M.Si., Ir. Andy Sungkowo, M.Si.  
Ir. Mahap Maha, MT., Boni Swadesi, ST., MT.

**SEKRETARIS**

Ardian Novianto, ST., MT., MT. M.Th. Kristiati EA, MT.

**BENDAHARA**

Ir. Siti Umiyatun Choiriah, MT.  
Margono

**TATA GRAFIS DAN CETAK**

Herwin Lukito, ST., M.Si., Nurkhamim, ST.

**SIRKULASI**

Budi Iriyanli, Pardiyono

**PENERBIT**

Fakultas Teknologi Mineral - Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta  
**JIK Tek Min** terbit secara berkala setiap semester: Juni dan Desember.

**ALAMAT REDAKSI / TATA USAHA**

Fakultas Teknologi Mineral, Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta 55283  
Telp. (0274) 487813, 487814 Fax. (0274) 487813,  
E-mail : jiktm@gmail.com

**DICETAK OLEH**

Unit Pelaksana Teknik Penerbitan UPN "Veteran" Yogyakarta

Jurnal Ilmu Kebumihan  
**Teknologi Mineral**

Daftar Isi

<b>Perencanaan dan Evaluasi Electric Submergible Pump Untuk Mendapatkan Laju Produksi yang Optimum</b> Ir. Avianto Kabul. Pratiknyo., MT, M. Th. Kristiati. EA, ST, MT Suryo Adi Putranto .....	1
<b>Measurement of Attenuation Coefficient of Near Surface Material Using SASW Method</b> Suharsono .....	12
<b>Prediksi kinerja sumur injeksi uap "huff &amp; puff" dengan metode analitik dan simulasi</b> Wirawan Widya Mandala.....	17
<b>Laboratorium study on oil based mud for field East Kalimantan</b> KRT. Nur Suhascaryo, MT., DR .....	29
<b>Pemetaan Sebaran Unsur pb Menggunakan Pendekatan Matematis (Studi Kasus di Blok Mandagang-Muara Sipongi, Sumatera Utara)</b> Nurkhamim .....	35
<b>Stratigrafi dan Perkembangan Tektonik Lembah Cemandiri Pelabuhan Ratu Sukabumi, Jawa Barat.</b> Pontjomojono Kundanurdoro.....	43
<b>Metode Pembelajaran Interaktif-Efektif pada Matakuliah Paleontologi</b> Premonowati .....	49
<b>Kontrol Struktur Geologi Terhadap Penyebaran Lapisan Batubara di Daerah Binungan Blok 1-4</b> Achmad Rodhi Sugeng Raharjo .....	54
<b>Peramalan Kinerja Reservoir Gas "X" dengan Mekanisme Pendorong Air</b> Sunindyo, M. Th. Kristiati. EA, Ollybinar R.....	60 ✓
<b>Alterasi akibat proses hidrotermal didaerah Kulon Progo dan sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta</b> Agus Harjanto .....	69
<b>Kontribusi penggunaan pupuk untuk pertanian terhadap kualitas air sungal Bedog ditinjau pengetahuan, sikap dan pemupukan di Kabupaten Bantul</b> Bambang Kuncoro Kartiko Kusumo .....	82

## Peramalan kinerja reservoir gas "x" dengan mekanisme pendorong air

Sunindyo<sup>1)</sup>, M. Th. Kristiati, EA<sup>2)</sup>, Olybinar R<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Perminyakan

<sup>2)</sup> Alumni Jurusan Teknik Perminyakan

### Abstrak

Reservoir gas "X" bertenaga pendorong air dan telah berproduksi sejak tahun 2002 sampai sekarang. Reservoir masih akan berproduksi beberapa tahun kedepan, oleh karenanya perlu diketahui bagaimana kinerja produksi reservoir tersebut. Data aquifer diperlukan agar diperoleh peramalan reservoir lebih baik

Pemodelan menggunakan prinsip persamaan material balance metode CARET (Combined Aquifer and Reservoir Expansion Term) dikombinasikan dengan persamaan perembesan air. Metode CARET menggabungkan pendekatan minimalisasi voidage dari Tehrani dengan plot garis lurus dari Havlena-Odeh. Penentuan model water influx dilakukan pada model water influx finite aquifer. Keselarasan antara kumulatif water influx material balance dan kumulatif water influx model yang dipilih akan menjadi model water influx yang sesuai untuk reservoir gas "X". Selanjutnya diperoleh harga IGIP dan konstanta perembesan air (U).

Hasil penelitian memberikan model perembesan air (water influx) yang sesuai untuk reservoir gas "X" Lapangan "Y" adalah model aquifer terbatas dengan aliran tidak mantap (Unsteady State Finite Aquifer dengan konstanta water influx  $(U) = 7.025 \times 10^{-5}$  MMMRB/tahun/psi Hasil peramalan Reservoir "X", kumulatif produksi gas sampai empat tahun peramalan adalah sebesar 458.40 MMMSCF dengan laju alir gas sebesar 50.91 MMMSCF/Y.

### Abstract

Reservoir "X" is a water drive mechanism gas reservoir and produced gas since 2002 till now. Hopely, this reservoir will produce for several years more, so we need to know how the reservoir performance itself. Aquifer data require for preferable reservoir prediction in the future.

Reservoir modelling use material balance CARET (Combined Aquifer and Reservoir Expansion Term) methode combine with water influx equation. CARET Methode merging Tehrani minimal voidage approach with Havlena-Odeh linier plot. Reservoir water influx model is finite aquifer. Synchronization cummulative material balance water influx dan water influx model result an appropriate reservoir water influx model for Reservoir "X". Furthermore, IGIP (Initial Gas In Place) dan water influx constant (U) obtained.

Result of the the research give an appropriate water Influx model for Reservoir "X" is unsteady state finite aquifer and the water influx constant  $(U) = 7.025 \times 10^{-5}$  MMMRB/Year/psi. Prediction result of cumulative production Reservoir "X" for 4 years later 458.40 MMMSCF and the gas rate 50.91 MMMSCF/Y.

**Keywords :** Gas reservoir, water influx model, IGIP, prediction

## PENDAHULUAN

Reservoir gas "X" memiliki tenaga pendorong air dan telah berproduksi sejak tahun 2002 sampai sekarang. Reservoir ini masih akan berproduksi beberapa tahun kedepan, oleh karenanya perlu diketahui bagaimana kinerja produksi reservoir yang bersangkutan beberapa waktu yang akan datang. Diperlukan data aquifer agar dapat meramalkan model perembesan air dari aquifer kedalam reservoir.

Peramalan perilaku reservoir didasarkan pada tingkah laku reservoir yang telah lalu, yang dicirikan oleh data produksi dipermukaan maupun data karakteristik reservoir yang bersangkutan. Kuantitas dan kualitas data yang diperoleh akan sangat mempengaruhi kesesuaian peramalan perilaku reservoir yang dihasilkan. Umumnya data tersebut berupa produksi kumulatif gas ( $G_p$ ) dan air ( $W_p$ ) terhadap waktu dan faktor volume formasi gas dan air ( $B_g$  dan  $B_w$ )

terhadap tekanan. Data-data ini akan memberikan gambaran tentang kelakuan reservoir.

Pada tahun produksi ke-6 kumulatif produksi gas ( $G_p$ ) telah mencapai 245.75 MMMSCF, kumulatif produksi air ( $W_p$ ) sebesar 128.03 MSTB dan kumulatif produksi kondensat sebesar 475.21 MSTB. Diketahui dari perhitungan secara volumetris, cadangan gas yang ada di Reservoir gas "X" adalah sebesar 1,002.28 MMMSCF.

## METODOLOGI

Analisis terhadap model perembesan air dan peramalan perilaku reservoir gas "X" dengan menggunakan metode material balance-CARET (Combine Aquifer Reservoir Expansion Term). Hasil yang akan diperoleh dari penerapan metode CARET tersebut adalah konstanta perembesan air (U) dan IGIP secara material balance metode CARET.

**1.1. Persamaan Material Balance Reservoir Gas**

Persamaan material balance secara umum dikembangkan untuk menghitung jumlah gas mula-mula ditempat yang secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$G_p B_g + W_p B_w = G \left[ (B_g - B_{gi}) + B_g \left( \frac{S_{wg} C_w + C_f}{1 - S_{wg}} \right) \Delta p \right] + W_e \quad (1)$$

**2.2. Persamaan Material Balance Metode CARET (Comblne Aquifer Reservoir Expansion Term)**

Metode CARET dikembangkan untuk model aquifer radial unsteady state Van Everdingen-Hurst (VEH). Metode CARET merupakan bentuk kombinasi antara aquifer terhadap ekspansi reservoirnya, artinya bahwa dalam penentuan harga IGIP harus didasarkan pada model aquifer yang memenuhi kinerja reservoir bersangkutan. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat plot antara F (voidage reservoir) terhadap  $E_{CARET}$  sehingga menghasilkan hubungan yang linier berdasarkan persen kesalahan terkecil. Formula yang dapat dituliskan dari bentuk hubungan F dan  $E_{CARET}$  pada reservoir gas tersebut adalah :

$$F = G E_{CARET} \quad (2)$$

dimana :

$$E_{CARET} = \frac{2C_g B_{gi} S}{1 - S_{wg}} \left( \frac{h_A}{h_R} \right) + E_g + E_{f_{wg}} \quad (3)$$

sehingga dapat ditulis lagi menjadi :

$$F = G \left[ \frac{2C_g B_{gi} S}{1 - S_{wg}} \left( \frac{h_A}{h_R} \right) + E_g + E_{f_{wg}} \right] \quad (4)$$

dimana :

F = kumulatif reservoir voidage, RB.

$$F = G_p B_g + W_p B_w \quad (5)$$

$E_g$  = ekspansi gas, RB/SCF.

$$E_g = B_g - B_{gi} \quad (6)$$

$E_{f_{wg}}$  = ekspansi air dan formasi pada zona gas, RB/SCF.

$$E_{f_{wg}} = B_{gi} \left[ \frac{C_f + S_{wg} C_w}{1 - S_{wg}} (P_i - P) \right] \quad (7)$$

Hubungan konstanta perembesan air (U) terhadap IGIP untuk reservoir bertenaga dorong air adalah sebagai berikut :

$$\frac{U}{G} = \frac{2C_g B_{gi}}{1 - S_{wg}} \left( \frac{h_A}{h_R} \right) \quad (8)$$

**2.3. Persamaan Perembesan Air Van Everdingen - Hurst, Radial Unsteady State**

Van Everdingen-Hurst (1949) menurunkan persamaan perembesan air untuk aliran tidak mantap (unsteady state) berdasarkan persamaan difusivitas, untuk system reservoir aquifer dengan memperhatikan penurunan tekanan dan pengurangan jari-jari. Persamaan Van Everdingen-Hurst dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S_{(p,t)} = \sum_{j=0}^{n-1} \Delta P_j \cdot Q_D(t_D, r_D) \quad (9)$$

$$\Delta P_j = 0.5(P_0 - P_1) \quad \text{untuk } j \leq 1$$

$$\Delta P_j = 0.5(P_{j-1} - P_j) \quad \text{untuk } j > 1$$

Besarnya harga water influx dapat diketahui setelah diperoleh harga  $t_D$  dengan persamaan :

$$t_D = \text{kons tan ta} \times \frac{kt}{\phi \mu c r^2} \quad (10)$$

dimana :

harga konstanta = 0.000264 (dalam jam)  
 = 0.00634 (dalam hari)  
 = 2.309 (dalam tahun)

**HASIL PERHITUNGAN**

**3.1. Kondisi Reservoir gas "X"**

Reservoir gas "X" merupakan reservoir gas kondensat, dengan  $P_i = 1,770.01$  Psi. Tenaga pendorong yang bekerja pada Reservoir gas "X" adalah water drive. Hal ini dibuktikan dengan performance produksi dari Reservoir gas "X", dimana penurunan tekanan reservoirnya (P) relatif lambat. Produksi kumulatif air ( $W_p$ ) mula-mula meningkat secara perlahan, kemudian mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu produksi.

Harga IGIP secara volumetris pada Reservoir gas "X" adalah sebesar 1,002.28 MMMSCF. Data pendukung lapangan lainnya seperti porositas, viskositas air dan saturasi air rata-rata berturut-turut adalah 0.21, 0.31 cp dan 0.17. Data PVT dan sejarah kumulatif produksi Reservoir gas "X" ditunjukkan pada Tabel 1.

**3.2. Model Perembesan Air Reservoir Gas "X"**

a. Model aquifer dengan aliran mantap (Steady State Aquifer)

$W_{c(MN)}$  diperoleh dari persamaan :

$$W_e = (G_p B_g) + (W_p B_w) - G \left[ (B_g - B_{gi}) + B_g \left( \frac{S_{wg} C_w + C_f}{1 - S_{wg}} \right) \Delta p \right] \quad (11)$$

Harga  $W_{eMB}$  yang diperoleh tersebut dapat digunakan untuk menentukan besarnya konstanta water influx ( $U_{MB}$ ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$U_{MB} = W_{eMB} / S_{(p,0)} \quad (12)$$

$$U_{MB} = 0.0016/4.37 = 0.000361 \text{ MMRB}$$

Jika plot antara  $U_{MB}$  vs  $t$  tidak membentuk garis linier horizontal yang konstan, menunjukkan bahwa model aquifer adalah *unsteady state-VEH, finite aquifer*.

Plot antara  $U_{MB}$  vs  $t$  pada gambar diatas menghasilkan suatu bentuk garis yang tidak linear horizontal, hal ini menunjukkan bahwa model aquifer yang memenuhi kinerja Reservoir Gas "X" adalah *unsteady state-finite aquifer*.

b. Menghitung Intal Gas In Place (IGIP) Menggunakan Metode CARET.

Perhitungan Harga F dan Eg

1. Menentukan harga reservoir voidage (F)

Contoh perhitungan pada P = 1752.5 psi.

$$F = G_p B_g + W_p B_w \quad (13)$$

$$= (8.75 \times 0.00153) + (1.29 \times 10^6 \times 1.03412)$$

$$= 0.013 \text{ MMRB} = 13,385.5 \text{ MRB}$$

2. Menentukan harga ekspansigas (Eg)

Contoh perhitungan pada P = 1752.5 psi.

$$E_g = B_g - B_{g1} \quad (14)$$

$$= 0.001530 - 0.0015202$$

$$= 0.0000098 \text{ RB/SCF}$$

c. Perhitungan Penentuan model aquifer Unsteady State, FINITE AQUIFER :

1. Menghitung harga penurunan sebesar  $\Delta p$  aquifer unsteady state

Contoh perhitungan  $\Delta P$  pada tahun pertama dan kedua adalah :

Untuk  $j = 1$ ,

$$\Delta P_1 = 0.5 \times (P_0 - P_1)$$

$$= 0.5 \times (1770.01 - 1752.5)$$

$$= 8.755 \text{ Psia}$$

Untuk  $j > 1$ ,

$$\Delta P_2 = 0.5 (P_{j-2} - P_j)$$

$$= 0.5 (1770.01 - 1744)$$

$$= 13.005 \text{ Psi}$$

2. Menentukan besarnya konstanta waktu tak berdimensi (A)

$$A = 2.3092 \left( \frac{k}{\phi \mu c_r r_{wa}^2} \right) \quad (15)$$

$$A = 15 \text{ tahun}^{-1}$$

3. Menghitung harga  $t_D$  (dimensionless time) pada setiap perubahan waktu.

Contoh perhitungan  $t_D$  untuk tahun pertama pada  $A = 10$  adalah sebagai berikut :

$$t_D = A \times \Delta t$$

$$= 10 \times 1$$

$$= 10$$

4. Mengasumsikan nilai rasio radius aquifer tak berdimensi ( $r_D$ ) sehingga dapat ditentukan nilai dari  $Q_{tD}$  untuk tiap time step waktu.  $Q_{tD}$  diperoleh dari pembacaan tabel dimensionless time untuk harga  $r_D$  dan  $t_D$  tertentu.

Diambil contoh harga A asumsi = 10 dan  $r_D = 10$   
 Contoh perhitungan pada tahun pertama dengan P = 1752.5 Psia.

Untuk harga A asumsi adalah 10 ( $t_D = 10$  ;  $r_D = 10$ )  
 Maka diperoleh harga  $Q_{tD} = 6.6433$

5. Menghitung harga fungsi water influx  $S_{(p,0)}$  menggunakan prinsip superposisi worksheet sebagai fungsi tekanan dan waktu perembesan air.

Contoh perhitungan pada tahun pertama dengan P = 1752.5 Psia untuk harga asumsi A = 10 dan  $r_D = 10$ .

$$S_{(p,t)} = \sum_{j=1}^n \Delta p_j \times Q_{tD} \quad (16)$$

$$S_{(p,1)} = 8.75 \times 6.6433$$

$$= 58.128$$

6. Menghitung nilai  $E_{CARET}$  untuk reservoir gas dengan mengambil harga ketebalan aquifer ( $h_A$ ) = 62.66 ft pada  $A=10$  dan  $r_D=10$ .

$$E_{Caret} = \left[ 2C_e S \left( \frac{1}{1 - S_{ng}} \right) \left( \frac{h_A}{h_R} \right) B_{g1} \right] + E_g + E_{fvg} \quad (17)$$

$$E_{Caret} = \left[ 2 \times 9.4 \times 10^{-3} \times 58.12 \left( \frac{1}{1 - 0.17} \right) \left( \frac{62.66}{307.57} \right) 0.0015202 \right]$$

$$+ 0.98 \times 10^{-5} + 1.8 \times 10^{-6}$$

$$= 1.5677 \times 10^{-5}$$

7. Menghitung persen kesalahan regresi terkecil

$$V = \left( \frac{S_{FE_{Caret}}}{F} \right) \times 100 \quad (18)$$

$$S_{FE_{Caret}} = \sqrt{\frac{\sum (F - F_{pre})^2}{n - 1}} \quad (19)$$

Deviasi kesalahan terkecil didapatkan pada harga  $r_D=10$  dan  $A=25$  tahun<sup>-1</sup> yaitu sebesar 13.278 %. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.

**8. Membuat plot antara harga voidage (F) dengan Ecaret**

Hasil penarikan slope dari plot F vs Ecaret merupakan harga IGIP dan didapatkan harga IGIP sebesar 1001.59 MMMSCF.

**9. Tes keselarasan antara kumulatif water influx model dengan kumulatif water influx material balance**

Contoh perhitungan pada  $P = 1752.5$  psi.

Konstanta water influx unsteady state:

$$U_{uss} = \left[ \frac{2C_e B_{e1} \left( \frac{h_A}{h_e} \right) \right] G \tag{20}$$

$$U_{uss} = 7.025 \times 10^{-5} \text{ MMMRB}$$

Water influx model pada tahun pertama yaitu :

$$W_{cmodel} = U_{uss} \times S_{(p,1)}$$

$$W_{cmodel} = 0.00892 \text{ MMMRB}$$

$W_{c(MB)}$  diperoleh dari persamaan :

$$W_e = (G_e B_e) + (W_e B_e) - G \left[ (B_e - B_{e1}) + B_e \left( \frac{S_w C_w + C_f}{(1 - S_w)} \right) \Delta p \right]$$

$$W_e = (8.75 \times 0.0015301) + (1.29 \times 10^{-6} \times 1.0341156) - 1002.28(0.0015301 - 0.0015202) + (0.0015202 \times (4.6 \times 10^{-5} \times 0.17 + 4.8 \times 10^{-5})) / (1 - 0.17) \times (1770.01 - 1752.5)$$

$$= 0.0016 \text{ MMMRB}$$

Harga konstanta perembesan air *unsteady state finite aquifer* ( $U_{uss}$ ) yang konstan diperoleh dengan mencari harga kombinasi antara ' $r_D$ ' dan ' $A$ ' yang paling sesuai dengan cara coba-coba. Dalam metode CARET diperoleh dari prosentase kesalahan regresi yang terkecil (% *error regression minimum*).

Hasil yang didapat dari beberapa set perhitungan yang dilakukan mulai dari harga  $r_D = 6$  hingga 10, dan harga ' $A$ ' dicoba untuk harga-harga 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,15,20,25,30. Kombinasi harga ' $A$ ' = 25 dan  $r_D = 10$  adalah kombinasi dengan % kesalahan terkecil, yaitu 13.278 %, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Selanjutnya dilakukan plot antara F terhadap  $E_{CARET}$  untuk mendapatkan harga IGIP secara material balance melalui metode CARET. Gambar 3 merupakan plot antara F terhadap  $E_{CARET}$  pada  $A = 25$  dan  $r_D = 10$  dan menghasilkan harga IGIP sebesar 1001.59 MMMSCF.

Hasil IGIP selanjutnya digunakan dalam penentuan harga water influx *material balance* ( $W_{cMB}$ ). sementara harga water influx *unsteady state* ( $W_{cUSS}$ ) diselesaikan dengan menggunakan persamaan perembesan air, setelah terlebih dahulu diperoleh harga konstanta water influx ( $U_{uss}$ ) yang konstan berdasarkan persamaan metode CARET. Harga konstanta water influx *unsteady state finite aquifer* ( $U_{uss}$ ) yang didapat tersebut adalah  $7.025 \times 10^{-5}$  MMMRB. Hasil selengkapnya data perhitungan F dan  $E_{CARET}$  ditunjukkan pada Tabel 4.

Uji keselarasan antara  $W_{cMB}$  dan  $W_{cUSS}$  dilakukan untuk mengetahui apakah harga  $U_{uss}$  tersebut dapat digunakan untuk peramalan perilaku reservoir nantinya, jika kurva yang diperoleh antara keduanya terhadap waktu saling berhimpit maka harga  $U_{uss}$  tersebut dapat digunakan untuk peramalan selanjutnya.

Gambar 4 adalah bentuk hubungan yang diperoleh antara  $W_{cMB}$  dan  $W_{cUSS}$  terhadap t. Hasil perolehan data  $W_{cMB}$  dan  $W_{cUSS}$  seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

**HASIL PERAMALAN**

Peramalan kinerja Reservoir Gas "X" dilakukan hingga tahun 2011. Peramalan untuk harga kumulatif minyak yang didasarkan pada model perembesan air yang memenuhi kinerja Reservoir Gas "X" tersebut pada tahun 2011 diperoleh sebesar 458.40 MMMSCF dengan laju alir gas sebesar 50.91 MMMSCF/Y. Hasil peramalan selengkapnya ditunjukkan pada Tabel-7.

**DISKUSI**

Khusus untuk reservoir dengan mekanisme pendorong dominasi air, akan terdapat dua parameter yang tidak diketahui yaitu  $G_i$  (cadangan gas mula-mula) dan  $W_e$  (model perembesan air). Lazimnya dilakukan perkiraan model perembesan air, mulai dengan persamaan Schiluis (*steady state*), Hurst (*semi steady state*) atau Van Everdingen - Hurst (*unsteady state*), tergantung pada model perembesan air yang sesuai untuk masing-masing reservoir.

Saat ini telah tersedia metode yang juga merupakan hasil pengembangan dari persamaan material balance, yaitu metode CARET. Metode CARET ini dikembangkan untuk model aquifer *radial unsteady state Van Everdingen-Hurst (VEH)* dan dapat digunakan dalam penentuan model perembesan air yang memenuhi kinerja Reservoir Gas "X", sehingga selanjutnya akan dapat digunakan untuk meramalkan perilaku reservoir masa yang akan datang.

Model ini menggunakan prinsip persamaan material balance sebagai persamaan garis lurus dengan metode CARET (Combined Aquifer and Reservoir Expansion Term) dikombinasikan dengan persamaan perembesan air. Metode CARET menggabungkan pendekatan minimalisasi *voidage* dari Tehrani dengan plot garis lurus dari Havlena-Odeh. Penentuan model *water influx* dilakukan pada model *water influx finite aquifer*.

Perkiraan model perembesan air dilakukan dengan mengasumsikan beberapa kombinasi harga  $A$  (konstanta waktu tak berdimensi) dan  $r_D$  (jari-jari tak berdimensi) yang sesuai. Pemilihan kombinasi  $A$  dan  $r_D$  dilakukan dengan cara coba-coba dan dipilih berdasarkan persentase kesalahan regresi terkecil pada plot  $F$  (voidage reservoir) terhadap  $E_{CARET}$ . Keselarasan antara kumulatif *water influx material balance* ( $W_{eM}$ ) dan kumulatif *water influx* model ( $W_{eMODEL}$ ) yang dipilih akan menjadi model *water influx* yang sesuai untuk reservoir gas "X".

Setelah itu dapat diperkirakan besarnya harga IGIP material balance-CARET ( $G$ ) dan konstanta perembesan air ( $U$ ). Besaran-besaran tersebut nantinya akan digunakan meramalkan kinerja reservoir untuk empat tahun mendatang.

### KESIMPULAN

1. Model perembesan air yang sesuai untuk Reservoir Gas "X" adalah model *aquifer* terbatas dengan aliran tidak mantap (*Unsteady State Finite Aquifer*) dengan harga jari-jari tanpa dimensi ( $r_D$ ) = 10, konstanta *dimensionless time* ( $A$ ) = 25 tahun<sup>-1</sup> dan konstanta *water influx* ( $U$ ) =  $7.025 \times 10^{-5}$  MMMRB/tahun/psi dan deviasi kesalahan sebesar 13,278 %.
2. *Initial Gas in Place* (IGIP) yang diperoleh melalui metode volumetris adalah sebesar 1,002,28 MMMSCF, sedangkan IGIP yang diperoleh melalui metode *material balance - CARET* adalah sebesar 1,001,59 MMMSCF.
3. Jumlah kumulatif produksi Gas sampai dengan Agustus 2007 (Tahun ke-6) adalah sebesar 245,75 MMMSCF.
4. Hasil peramalan perilaku reservoir pada Reservoir "X" Lapangan "Y" menyatakan bahwa besarnya kumulatif produksi gas sampai empat tahun

peramalan atau pada tahun 2011 (tahun produksi ke-10) adalah sebesar 458,40 MMMSCF dengan laju alir gas sebesar 50,91 MMMSCF/Y.

5. Perbedaan harga IGIP metode volumetris dengan IGIP metode *material balance - CARET* dikarenakan data parameter reservoir yang digunakan dalam perhitungan IGIP secara volumetris masih merupakan variabel yang bersifat random, sedangkan perhitungan IGIP secara *material balance - CARET* merupakan data yang bersifat dinamis berdasarkan data dari lapangan yang telah berproduksi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Tarek, "Advanced Reservoir Engineering" Gulf Publishing Company, Second Edition, Huston, Texas, 1989.
- Charles R. Smith, G.W. Tracy, R. Lance Farrar, "Applied Reservoir Engineering". OGCI Publication, Oil and Gas Consultant International, Inc., Tulsa Oklahoma, , Volume 1, 1992.
- Craft, B.C. and Hawkins, M.F., "Applied Petroleum Reservoir Engineering", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 1959.
- Ikoku, Chi U.; "Natural Gas Reservoir Engineering"; The Pennsylvania State University; Krieger Publishing Company; Florida; USA; 1992.
- S.R. Sills, "Improved Material Balance Regression Analysis for Water Drive Oil and Gas Reservoir", SPE, Arco E&P Technology, May 1996

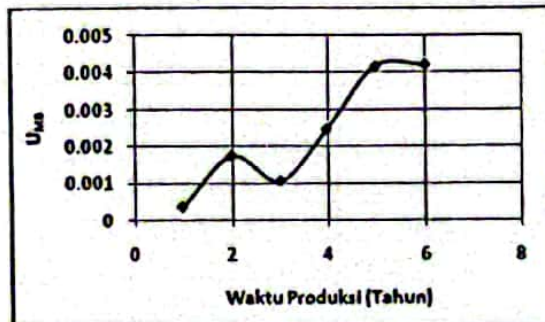


**Tabel 1 - Data PVT dan Sejarah Kumulatif Produksi Reservoir Gas "X"**

Tahun ke -	P Psi	Wp MSTB	Bg RB/SCF	Bw RB/STB	Gp MMMSCF
0	1770.01	0	0.0015202	1.0340888	0
1	1752.50	1.29	0.0015301	1.0341156	8.75
2	1744.00	23.17	0.0015395	1.0341286	26.66
3	1683.85	60.59	0.0016004	1.0342209	74.32
4	1674.25	82.64	0.0016115	1.0342356	132.68
5	1665.45	98.46	0.0016201	1.0342491	197.56
6	1632.16	128.03	0.0016572	1.0343002	245.75

**Tabel 2 - Konstanta Perembesan Air Allran Mantap**

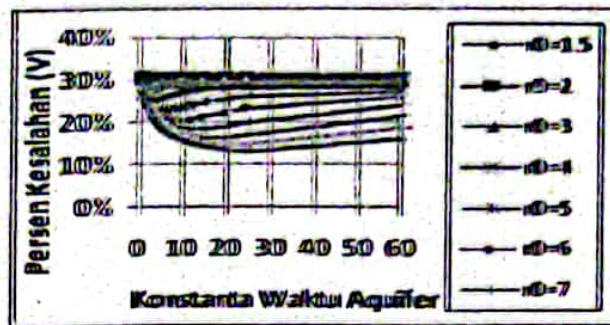
Tahun ke -	P Psi	S	WcMB (MMMRB)	UMB
0	1770.01	0.0	0.0	0.0
1	1752.50	4.38	0.001581	0.000361
2	1744.00	10.88	0.018999	0.001747
3	1683.85	28.04	0.029701	0.001059
4	1674.25	45.48	0.112431	0.002472
5	1665.45	50.08	0.209241	0.004179
6	1632.16	60.60	0.255842	0.004222



**Gambar 1 - Plot Konstanta Perembesan vs t Steady State Aquifer**

Tabel 3 – Hasil Perhitungan  $F$ ,  $E_{fwg}$  dan  $F_g$

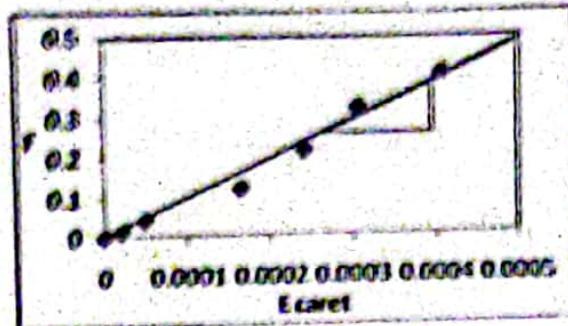
Tahun ke	P Psi	MMMRB	$F_g$	$E_{fwg}$
0	1770.01	0.0	0.0	0.0
1	1752.50	0.013	0.0000098	0.0000018
2	1744.00	0.041	0.0000193	0.0000026
3	1683.85	0.119	0.0000802	0.0000038
4	1674.25	0.214	0.0000914	0.0000097
5	1665.45	0.320	0.0000999	0.0000107
6	1632.16	0.407	0.0001370	0.0000141



Gambar 2 – Deviasi Kesalahan Terkecil

Tabel 4 – Harga  $E_{Caret}$  pada  $r_D=10$  dan  $A=25$  untuk  $hA=62.66$  ft

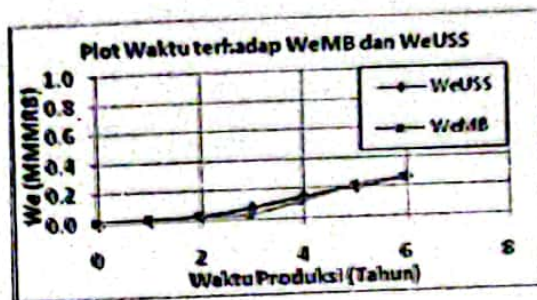
Tahun ke	P Psi		E ARET
0	1770.01	0.0	0.0
1	1752.50	0.01339	0.0000202
2	1744.00	0.04106	0.0000492
3	1683.85	0.11900	0.0001623
4	1674.25	0.21390	0.0002414
5	1665.45	0.32015	0.0003059
6	1632.16	0.40738	0.0004067



Gambar 3 – Plot F vs Ecaref

Tabel 5 –  $We_{Model}$  dan  $We_{Statistical Balance}$

Tahun ke	P Psi	$We_{su}$ MMRb	$We$ MMRB
0	1770.01	0.0	0.0
1	1752.50	0.00892	0.0016
2	1744.00	0.02783	0.0190
3	1683.85	0.07541	0.0297
4	1674.25	0.14240	0.1124
5	1665.45	0.19743	0.2092
6	1632.16	0.25846	0.2558



Gambar 4 – History Matching antara  $We_{Model}$  dengan  $We_{Material Balance}$

Tabel 6 - Hasil Perhitungan Persen Kesalahan Regresi untuk Tlap Harga  $r_D$  dan A

rD=6		rD=7		rD=8		rD=9		rD=10	
A	Persen Kesalahan (V)	A	Persen Kesalahan (V)	A	Persen Kesalahan (V)	A	Persen Kesalahan (V)	A	Persen Kesalahan (V)
1	0.26784	1	0.27247	1	0.27247	1	0.27349	1	0.27736
2	0.23906	2	0.24005	2	0.24000	2	0.24085	2	0.24680
3	0.22575	3	0.22002	3	0.21949	3	0.21945	3	0.22177
4	0.21726	4	0.20876	4	0.20718	4	0.20562	4	0.20379
5	0.21244	5	0.20077	5	0.19776	5	0.19537	5	0.19046
6	0.21026	6	0.19506	6	0.19045	6	0.18706	6	0.18137
7	0.20769	7	0.19128	7	0.18490	7	0.18031	7	0.17378
8	0.20621	8	0.18907	8	0.18084	8	0.17496	8	0.16745
9	0.20601	9	0.18803	9	0.17792	9	0.17077	9	0.16203
10	0.20621	10	0.18596	10	0.17415	10	0.16751	10	0.15755
11	0.20722	11	0.18500	11	0.17129	11	0.16323	11	0.15382
12	0.20831	12	0.18428	12	0.16904	12	0.15969	12	0.15076
15	0.21352	15	0.18506	15	0.16533	15	0.15268	15	0.14468
20	0.22321	20	0.19121	20	0.16577	20	0.14793	20	0.13583
25	0.23246	25	0.19954	25	0.17067	25	0.14857	25	0.13278
60	0.26138	60	0.24169	60	0.21580	60	0.18778	60	0.16100

Tabel 7 - Hasil Peramalan Reservoir Gas "X"

Tahun ke -	Tekanan Psia	Gp MMMSCF	Wp MSTB	W <sub>e,uss</sub> MMMRB
7	1611.36	300.22	158.87	0.3287131
8	1590.08	355.70	190.25	0.4015757
9	1569.30	407.49	223.54	0.4731850
10	1549.00	458.40	258.75	0.5448135