

# METODE DETERMINISTIK PENENTUAN ZONA PROSPEK HIDROKARBON DAN PERHITUNGAN KETEBALAN RESERVOAR BERDASARKAN ANALISIS PETROFISIKA DENGAN PERLAKUAN PARAMETER SUMURAN DAN PARAMETER STRUKTURAL DI LAPANGAN “HIPO” FORMASI BATURAJA

I Ketut Wahyu NP<sup>1)</sup>, Sukir Maryanto<sup>1)</sup>, Fitri Indah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya

<sup>2)</sup>PT. Pertamina EP Asset 3 Cirebon – Jabar

Email: wahyuketut@gmail.com

## Abstract

Pada eksplorasi minyak dan gas bumi diperlukan suatu metode *logging* atau metode pemboran yang memiliki beberapa sensor untuk mendeteksi jenis batuan di bawah permukaan kerak bumi untuk mengetahui nilai dari parameter fisika batuan (petrofisika). Namun dalam praktisnya seperti yang ditulis di beberapa buku E Potter (1980) dan Crain (2000), parameter struktural sering digunakan karena cepat dan mudah. Nilai-nilai petrofisika tersebut akan diperhitungkan dengan metode deterministik untuk mendapatkan perhitungan ketebalan reservoir, dimana diberikan perlakuan secara parameter struktural (pendekatan geologi) dan secara parameter sumuran (pendekatan nilai per sumur). Baik parameter struktural dan parameter sumuran secara deterministik dapat memperhitungkan nilai volume serpih, porositas, saturasi air dan permeabilitas. Khusus untuk perhitungan saturasi air dan permeabilitas digunakan dua metode perhitungan yang berbeda yaitu saturasi air metode Archie dan *Dual Water* sedangkan permeabilitas metode *Coates Free Fluid Index* dan *Wylie Rose*. Hal ini untuk membandingkan metode perhitungan yang manakah untuk mendapatkan hasil yang lebih optimis dalam memperhitungkan ketebalan reservoir. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh bahwa, parameter sumuran dengan perhitungan saturasi air metode *Dual Water* dan Permeabilitas metode *Wylie Rose* memiliki hasil yang paling optimis dalam memperhitungkan nilai ketebalan reservoir. Untuk sumur HIPO-7 memiliki ketebalan reservoir yang paling besar sedangkan sumur HIPO-5 memiliki kualitas reservoir yang paling.

**Kata Kunci : Petrofisika, Deterministik, Parameter Struktural dan Parameter Sumuran**

## Pendahuluan

*Logging* merupakan metode eksplorasi untuk memvisualisasikan bawah permukaan yang lebih detail dan ilmiah berupa parameter fisis batuan yang terekam secara kontinyu (log). Fisika batuan atau sering disebut sebagai Petrofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang sifat-sifat fisika pada batuan. Perhitungan petrofisika secara deterministik, teknisi geologis selalu memberikan perlakuan parameter struktural untuk mendapatkan nilai volume serpih untuk perhitungan ketebalan reservoir. Parameter ini menggunakan nilai maksimum dan minimum dari *gamma ray log* secara keseluruhan dari data semua sumur dalam satu lapangan yang kemudian nilai maksimum dan minimum tersebut diaplikasikan ke setiap sumur, cara ini sering disebut sebagai pendekatan geologi.

Menurut buku yang ditulis oleh Potter, E. (1980), bahwa penggunaan parameter struktural selalu digunakan dalam memperhitungkan nilai volume serpih sebagai salah satu solusi yang cepat dan praktis. Nilai volume serpih ini akan sangat berpengaruh terhadap perhitungan selanjutnya khususnya dalam perhitungan porositas dan saturasi air. Karena dari ketiga parameter tersebut (volume serpih, porositas dan saturasi air) dapat diperoleh hasil dari memperhitungkan ketebalan reservoir. Maka dari itu perlu adanya penelitian

terkait bagaimana jika nilai maksimum dan nilai minimum dari *gamma ray log* untuk menentukan nilai volume serpih ditentukan berdasarkan nilai dari masing-masing sumur yang kemudian nilai tersebut diaplikasikan ke masing-masing sumur tersebut (parameter sumuran). Karena dari kedua perlakuan parameter tersebut akan memiliki hasil yang berbeda dalam memperhitungkan ketebalan reservoir.

Selain itu digunakan 2 metode perhitungan parameter petrofisika yang berbeda yaitu saturasi air metode Archie dan metode *Dual Water* serta permeabilitas metode *Coates Free Fluid Index* dan metode *Wylie Rose*. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan hasil yang lebih optimis dalam memperhitungkan ketebalan reservoir pada Formasi Baturaja dengan lithologi penyusun batumannya adalah batugamping. Sehingga dari hasil yang paling optimis tersebut dapat disimpulkan bahwa metode perhitungan tersebut tepat untuk digunakan pada formasi dengan lithologi penyusunnya adalah batugamping.

## Metode Penelitian

### a) Pre-Kalkulasi

Merupakan tahapan untuk melakukan konversi satuan data fisika batuan yang didapatkan saat *logging*. Konversi yang digunakan harus dijadikan dalam satuan yang

telah disepakati sebelumnya. Semua perlakuan konversi satuan harus dilakukan pada masing-masing sumur sesuai jenis sensor *logging* yang digunakan.

b) Koreksi Lingkungan (*Environmentals*)

Log yang didapatkan tidak hanya menunjukkan formasi batuan dan fluida yang tidak terlepas dari faktor pengaruh alat pada saat akuisisi data. Sehingga log perlu dilakukan koreksi dan diharapkan hasil yang diperoleh dapat menguraikan formasi yang berkorelasi dengan kondisi alam yang sebenarnya. Setelah semua nilai dimasukkan, maka data per sumur harus di *start* untuk mendapatkan koreksi *logging* yang lebih baik.

c) *Bad Hole*

Kondisi lubang bor yang mengalami runtuh ketika pemboran terjadi menjadikan kualitas lubang bor tersebut buruk. Maka dari itu untuk memperhitungkan kualitas dinding lubang bor diperlukan estimasi perhitungan lebar runtuh yang dirumsukan sebagai berikut :

$$BadHole = DCAL_{MAX} - Drilling\ Bit\ Size \quad (1)$$

Jika nilai *Bad Hole* kurang dari 100 mm maka masih dikategorikan *Good Hole* tapi jika nilainya melebihi 100 mm maka memang termasuk dalam *Bad Hole*.

d) *Coal*

Prosedur ini diabaikan dikarenakan pada Formasi Baturaja Lapangan “HIPO” tidak terdapat batubara atau *coal*.

e) Volume Serpilh (*Shale Volume* atau *VShale*)

- Perlakuan parameter sumuran (DETERMIN)

Untuk perlakuan parameter sumuran dilakukan pengambilan nilai berdasarkan defelksi maksimum dan defleksi minimum *gamma ray log* yang telah terkoreksi lingkungan (lihat garis hitam). Nilai tersebut kemudian diterapkan pada persamaan 2 dan diimport dalam sumur tersebut.

- Perlakuan parameter struktural (DETERMINII)

Untuk perlakuan parameter struktural mengambil nilai maksimum dan nilai minimum (lingkaran merah) berdasarkan *cutoff gamma ray log* seluruh sumur dan kemudian nilai tersebut dipakai ke seluruh sumur untuk dilakukan perhitungan pada persamaan 2.

$$VSh = \frac{GR - GR_{MA}}{GR_{SH} - GR_{MA}} \quad (2)$$

Keterangan :

$VSh$  = volume serpilh atau *VShale* (v/v)

$GR$  = *Gamma Ray log* (GAPI)

$GR_{MA}$  = *Gamma Ray log* minimum (GAPI)

$GR_{SH}$  = *Gamma Ray log* maksimum (GAPI)

f) Porositas

$$PHIT_{SH} = \frac{RHO_{DSH} - RHO_{SH}}{RHO_{DSH} - 1} \quad (3)$$

Keterangan :

$PHIT_{SH}$  = Porositas total serpilh

$RHO_{DSH}$  = *DryShale Density*

$RHO_{SH}$  = *Shale Density*

Pertama harus mendapatkan nilai porositas total serpilh ( $PHIT_{SH}$ ) dengan *crossplot* dengan mencari nilai koordinat plot sesuai *core data* lapangan “HIPO” yang menunjukkan  $RHO_{MA}$  (*matric*) = 2710 dan  $RHO_{DSH}$  (*dryshale*) = 2780. Kemudian dari penyesuaian titik MA dan DSH dapat diketahui titik SH yang kemudian digunakan dalam formulasi  $PHIT_{SH}$  pada persamaan 3. Setelah itu untuk menghitung nilai porositas total dan efektif dengan Metode Bateman Konen seperti pada persamaan 4 dan persamaan 5 sebagai berikut :

$$\Phi_t = \frac{\rho_{ma} - \rho_{log}}{\rho_{ma} - \rho_{fl}} - VSh * \frac{\rho_{ma} - PHIT_{SH}}{\rho_{ma} - \rho_{fl}} \quad (4)$$

$$\Phi_e = \Phi_t (1 - VSh) \quad (5)$$

Keterangan :

$\Phi_t$  = Porositas Total

$\Phi_e$  = Porositas Efektif

$\rho_{ma}$  = Nilai densitas matriks batuan,

$\rho_{log}$  = Nilai densitas dari pembacaan data log,

$\rho_{ma}$  = Nilai densitas fluida,

$PHIT_{SH}$  = Densitas serpilh.

g) Saturasi Air

Perhitungan saturasi air membutuhkan nilai  $R_w$  (resistivitas air). Untuk itu dilakukan *crossplot* dengan garis  $R_o$  yang menyatakan prosentase keadaan parameter plot. Sebelumnya dilakukan *highlight* zona yang diestimasi sebagai zona air. Kemudian tanda tersebut akan otomatis ditampilkan di *crossplot* (warna biru adalah hasil *highlight*). Sehingga prosentase 100% garis  $R_o$  dihimptkan dengan titik plot berwarna biru yang diasumsikan sebagai zona paling optimis dengan porositas efektif yang tinggi dengan memperhatikan nilai A (turtoisitas), M (faktor sementasi) dan N (eksponen saturasi) yang didapatkan dari *core data*.

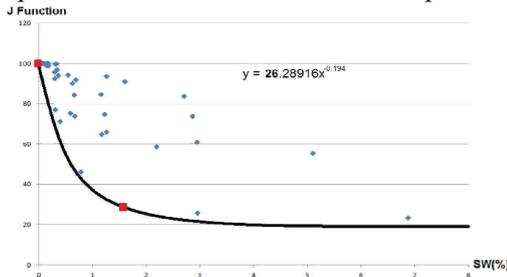
Kemudian selanjutnya menghitung nilai  $SWE_{IRR}$  (*irreducible water*) yaitu kondisi fluida tidak dapat bergerak kemana-mana lagi tertahan oleh kondisi pori batuan. Nilai ini dihitung

berdasarkan hasil uji *core data* seperti pada persamaan 6 dan persamaan 7.

$$Res = \frac{LAB(OWT * COW)}{\frac{ABT}{CAB}} \quad (6)$$

$$J \text{ Function} = \frac{0.2116 * Res}{\frac{OWT}{COW}} * \sqrt{\frac{K}{\frac{\Phi}{100}}} \quad (7)$$

Dari persamaan 7 didapatkan nilai *J Function* maka dibuat grafik antara *J Function* dan saturasi air (gambar 6). Dari grafik tersebut dibuatlah garis regresi eksponen yang menutupi seluruh titik plot grafik paling bawah. Nilai persamaan regresi itu merepresentasikan nilai  $SWE_{IRR}$  dalam persen.



Gambar 6. Grafik fungsi  $SWE_{IRR}$

Perhitungan metode Archie saturasi air total diperlihatkan pada persamaan 8 dan metode *Dual Water* pada persamaan 9.

$$SWT = \left( \pi \frac{A.Rw}{\Phi_{MRT}} \right)^{1/N} \quad (8)$$

$$SWE = \frac{SWT - \frac{\Phi_t - \Phi_e}{\Phi_t}}{1 - \frac{\Phi_t - \Phi_e}{\Phi_t}} \quad (9)$$

dan perhitungan saturasi air efektif untuk metode Archie dan metode *Dual Water* diberikan pada persamaan 10.

$$SWE = 1 - SWT \quad (10)$$

Keterangan :

- A* = Faktor Turtoisitas,
- M* = Faktor semetasi
- N* = Eksponen saturasi
- $\Phi_t$  = Porositas total
- $\Phi_e$  = Porositas efektif (v/v)
- Rw* = Resistivitas air formasi (Ohm)
- RT* = Resistivitas temperatur (Fahrenheit)
- SWE* = Saturasi air efektif (v/v)
- SWT* = Saturasi air total (v/v)

h) Permeabilitas

Perhitungan permeabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan metode, yang salah satunya adalah metode *Coates Free Fluid Index* yang dikembangkan oleh Coates tahun 1973 yang diberikan sebagai berikut :

$$K = \left( \frac{\Phi_e}{C} \right)^2 * \left( \frac{FFI}{SWE_{IRR}} \right)^2 \quad (11)$$

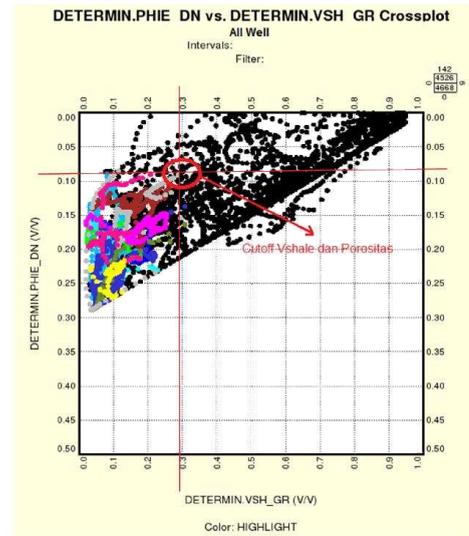
$$K = \frac{C * \Phi_e * D}{SWE_{IRR} * E} \quad (12)$$

Keterangan :

- K* = Permeabilitas (miliDarcy)
- $\Phi_e$  = Porositas efektif (v/v)
- C* = Konstanta Coates (kontanta = 70)
- $SWE_{IRR}$  = Irreducible water
- FFI* = Free Fluid Index ( $FFI = \Phi - BVI$ ).
- D* = Konstanta eksponensial porositas (2.25)
- E* = Kontanta eksponensial saturasi (1)

i) *Cutoff*

- *Crossplot* porositas efektif dan volume serpih

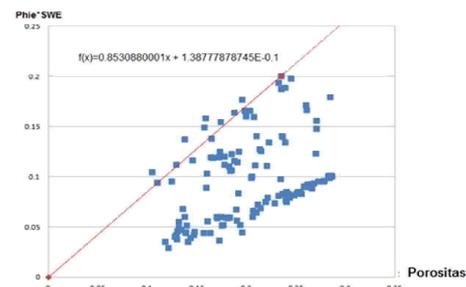


Gambar 7. *Crossplot* cutoff porosity dan *VShale*

*Crossplot* (gambar 7) diperoleh dari nilai porositas efektif dan volume serpih dengan dilakukannya *highlight* zona prospek per sumur (warna-warna). Titik plot warna yang paling jauh menunjukkan zona *cutoff* dimana *cutoff* porositas bernilai pada sumbu *y* dan *cutoff* volume serpih di sumbu *x*.

- *Crossplot* saturasi air efektif

Baik saturasi air efektif (*SWE*) metode Archie dan *Dual Water* perlu dilakukan *cutoff*. Maka zona *highlight* dilakukan filter data dimana  $VSh < 0.2$ ;  $\Phi_e > 0.1$ ; dan  $SWE > 0.2$ . kemudian nilai  $\Phi_e * SWE$  dibuat grafik dengan  $\Phi_e$  dengan membentuk garis regresi linear yang mencakup seluruh titik plot data (gambar 8). persamaan regresi tersebut mewakili nilai cutoff *SWE*.



Gambar 8. Grafik fungsi *cutoff* saturasi air efektif

#### j) Perhitungan Ketebalan Reservoir (*Pay Summary*)

Perhitungan ini dilakukan dengan cara mengeliminasi data kuantitas log zona prospek dimana data yang dimasukan adalah *TVDSS (True Vertical Depth Subsurface)*, *VSh*,  $\Phi_e$ , *SWE* dan *K*. nilai ini tereliminasi oleh *cutoff VSh*,  $\Phi_e$  dan *SWE* yang dilakukan secara interval kedalaman. Sehingga pada setiap interval kedalaman termasuk zona prospek maka nilai tersebut akan tidak tereeliminasi dan terakumulasi untuk dijumlahkan total ketebalan lapisan reservoirnya.

#### Hasil dan Pembahasan

Beberapa penyusun mineral dari batu gamping terdiri dari kalsit dan serpih. Sehingga formasi ini sangat banyak antara sisipan serpih dan kalsitnya.. Dalam penelitian ini digunakan dua macam perlakuan kuantitatif yaitu dengan menggunakan parameter sumuran dan parameter struktural. Masing-masing menghitung *properties* batuan baik menggunakan parameter sumuran maupun parameter struktural.

Parameter sumuran memiliki repons yang baik terhadap perhitungan data petrofisika jika dibandingkan dengan parameter struktural yang mengambil nilai *gamma ray log* tertinggi dan terendah diantara keseluruhan sumur. Sehingga hasil yang diperoleh kurang sensitif. Untuk mendapatkan hasil yang optimis memang direkomendasikan untuk menggunakan parameter sumuran.

Metode yang digunakan untuk perhitungan saturasi air adalah Archie dan *Dual Water*. Secara kualitatif metode tersebut memiliki fungsi tersendiri dalam mengevaluasi formasi. metode Archie tepat digunakan untuk pada formasi yang mayoritas diisi oleh batupasir, sedangkan metode *Dual Water* tepat digunakan pada formasi yang diisi oleh sisipan serpih seperti *shallysand* pada batuan sedimen klastik atau pada batugamping jenis *weckestone* dengan kandungan semen yang lebih banyak dari pada *packestone* dan *grainstone*. Hal ini juga diperlihatkan pada perhitungan permeabilitas dimana digunakan dua metode yang berbeda untuk memperoleh perhitungan

yang benar-benar tepat. Metode tersebut adalah *Coates Free Fluid Index* dan *Wylie Rose*. Berdasarkan hasil perhitungan dari kedua metode tersebut diperoleh hasil bahwa metode *Wylie Rose* memiliki hasil perhitungan yang lebih optimis. Hal tersebut berlaku kepada perlakuan baik parameter sumuran ataupun parameter struktural.

Dalam penentuan zona prospek, keterkaitan parameter petrofisika sangat menentukan. Nilai *cutoff* merupakan salah satu kunci dari penentuan ketebalan zona prospek dimana *cutoff* volume serpih, porositas dan saturasi air menjadi hal utama. Dalam menentukan *Net Res* maka nilai-nilai parameter petrofisika tersebut difilter oleh *cutoff* volume serpih dan *cutoff* porositas efektif. Sedangkan *Net Pay* merupakan *Net Res* yang telah difilter oleh *cutoff* saturasi air efektif.

Ketebalan reservoir dari sumur di Lapangan "HIPO" sangat beragam. Ketebalan yang paling besar dimiliki oleh sumur HIPO-7 dan paling kecil dimiliki oleh sumur HIPO-5. ketebalan reservoir bukan berarti patokan utama, dikarenakan masih ada beberapa parameter petrofisika yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kualitas reservoir yang baik. Yaitu dengan memilih nilai volume serpih yang minimum, nilai porositas efektif yang tinggi, nilai saturasi air yang medium dan nilai permeabilitas yang tinggi. Sumur HIPO-11 merupakan salah satu contoh sumur dengan kualitas reservoir paling baik diantara semua sumur lainnya.

#### Simpulan

Reservoir hidrokarbon berjenis batugamping. perhitungan saturasi air metode *Dual Water* dan permeabilitas *Wylie Rose* memiliki hasil yang lebih optimis dari perhitungan saturasi air metode Archie dan permeabilitas *Coates Free Fluid Index*. Hal ini dikarenakan metode tersebut cocok digunakan pada formasi dengan litologi penyusun serpih yang banyak. sumur HIPO-5 memiliki ketebalan *Net Pay* paling kecil sedangkan sumur HIPO-7 memiliki ketebalan *Net Pay* paling besar.

#### Daftar Pustaka

- [1] Arpandi D., dan Padmosukismo, S. 1975. *The Cibulakan Formation as One of The Mos Prospective Stratigraphic Units in The North West Java Basinal Area*, IPA Proceeding, 4th Annual Convention, Jakarta.
- [2] Bateman, R. M., and C. E. Konen, 1977, *The log analyst and the programmable pocket calculator: The Log Analyst*, v. 18, p. 3–11.
- [3] Crain E.R, *Crain's Petrophysical Handbook*, (Tulsa: Panwell Book, 2000)
- [4] Potter. E, *Sedimentology of Shale*, (Springer-Verlag, inc, NYC, 1980)