

**ANALISIS PENENTUAN JENIS FLUIDA PENDORONG MENGGUNAKAN  
METODE *MATERIAL BALANCE* BERDASARKAN NILAI *RECOVERY*  
*FACTOR* PADA LAPANGAN “*ARL*” PETROCHINA  
INTERNATIONAL JABUNG LTD**

***CHOOSING DRIVE FLUID TYPE ANALYSIS BY USING MATERIAL  
BALANCE METHOD BASED ON RECOVERY FACTOR MARK  
IN “ARL” FIELD OF PETROCHINA INTERNATIONAL  
JABUNG LTD***

***Freisha Arlind<sup>1</sup>, A. Rahman<sup>2</sup>, Ubaidillah Anwar Prabu<sup>3</sup>***

*<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya*

*Jl. Palembang-Prabumulih Km.32, Inderalaya, Kab. Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia*

*Email: FreishARL@gmail.com*

***ABSTRAK***

*Lapangan “ARL” telah berproduksi sejak bulan Januari 2001. Diketahui bahwa mekanisme pendorong yang bekerja pada reservoir ini merupakan water drive. Untuk meyakinkan hasil tersebut, maka dilakukan pengkajian ulang dengan menggunakan metode yang berbeda sebagai bahan validasi. Berdasarkan analisa mekanisme pendorong yang telah dilakukan dengan menggunakan metode material balance, reservoir lapangan ini benar memiliki jenis Water Drive Mechanism sebagai mekanisme pendorongnya dimana tenaga pendorong terbesarnya didominasi oleh air, yaitu Water Drive Index (WDI) 74,1%, Untuk meyakinkan hasil analisis dengan menggunakan metode material balance tersebut, maka dilanjutkan dengan perhitungan recovery factor dengan metode decline curve.*

*Nilai recovery factor yang didapat dari hasil perhitungan ini adalah 37,58% dengan prediksi kumulatif minyak sampai September 2013 ini adalah sebesar 21.432 MBBL dan Remaining Reserve (RR) sebesar 11.357 MBBL, maka Lapangan “ARL” ini masih menyisakan cadangan (EUR) sebesar 32.789 MBBL. yang secara teori membenarkan bahwa tingkat perolehan berkisar 35-75% merupakan kisaran efisiensi perolehan minyak pada jenis water drive reservoir.*

Kata kunci : Mekanisme pendorong, fluida pendorong, faktor pengembalian

***ABSTRACT***

*“ARL” field has been producing since January 2001. The type of drive mechanism which work in this reservoir is water drive. To make sure the result, we did the review by using different method as a validation form. Based on the drive mechanism analysis which had been done by using Material Balance method, reservoir in this field is correctly using water crive mechanism as its drive mechanism where the biggest power of drive dominated by water, water drive index (WDI) 74,1%, To make sure the result of analysis with Material Balance method, so we continue with recovery factor by decline curve method. The mark of recovery factor from this counting is 37,58% with accumulative oil prediction until September 2013 is 21.432 MBBL and remaining reserve (RR) is 32. 789 MBBL. Teoritically, the amount of 35-75% is the efficient average of oil produce in the water drive reservoir type.*

Keywords : Drive Mechanism, Drive Fluid, Recovery Factor

## 1. PENDAHULUAN

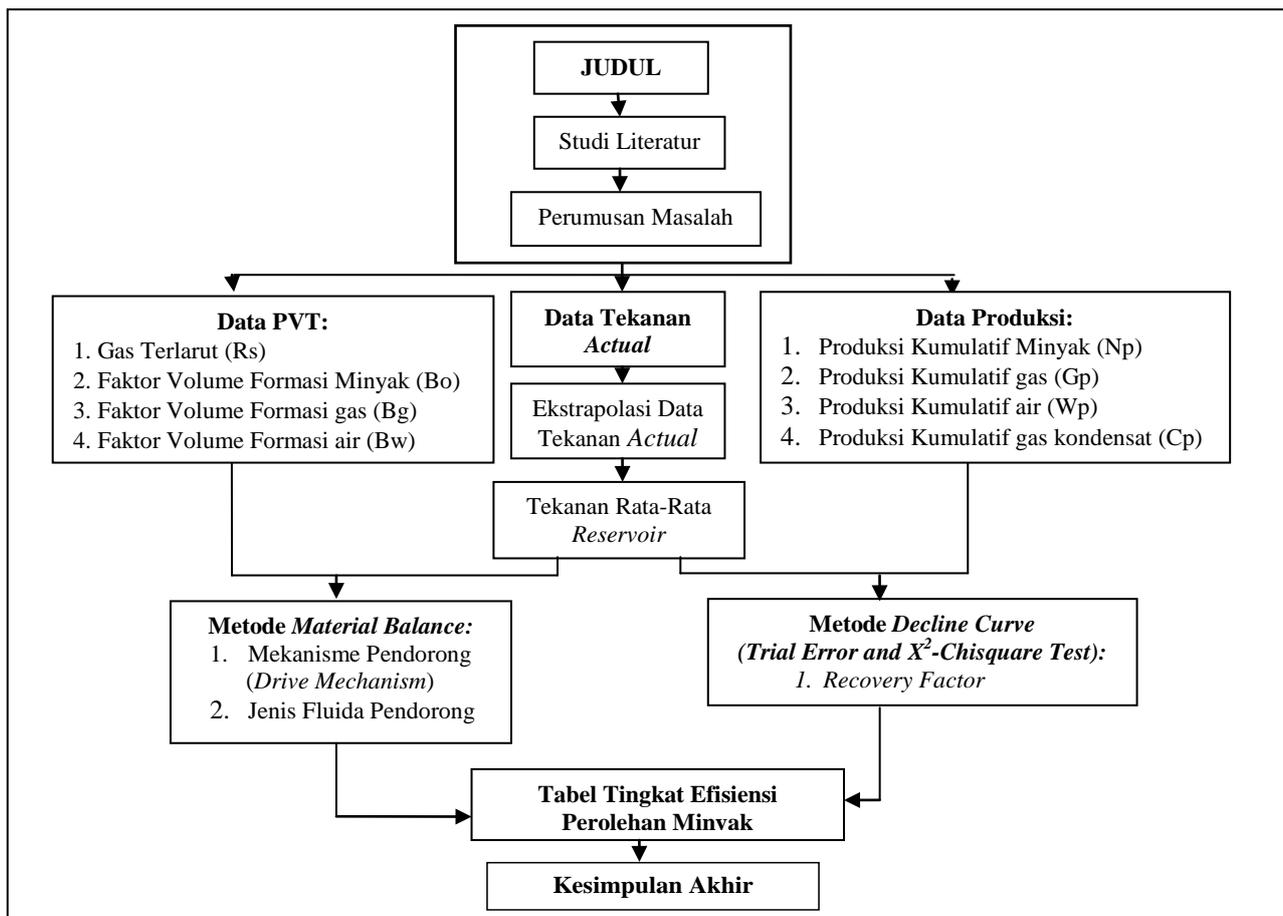
Lapangan “ARL” ditemukan pada bulan Juli 1995 dengan dilakukannya eksplorasi sumur ARL-1. Perhitungan kembali cadangan minyak ini perlu dilakukan sebagai data pembanding dari *Plan Of Further Development* (POFD) Lapangan “ARL” milik Perusahaan PetroChina International Jabung Ltd. Lapangan “ARL” ini terletak pada Formasi *Lower Talang Akar*, dimana Talang Akar tersusun atas batupasir sebagai penghasil gas kondensat[1].

Setiap *reservoir* memiliki *drive index* yang paling dominan dalam rangka meningkatkan kemampuan fluida untuk mengalir[2]. Adapun jenis-jenis mekanisme pendorong yang bekerja pada *reservoir* antara lain: *Water Drive Reservoir*, *Gas Cap Drive Reservoir*, *Solution Gas Drive*, *Segregation Drive Reservoir* dan *Combination Drive Reservoir*[3]. Setiap *reservoir* memiliki tiga jenis *drive index* yang bekerja padanya, yaitu: *water drive*, *depletion drive* dan *segregation drive*. Setiap harga *drive index* ini akan menggambarkan kemampuan dari masing-masing mekanisme pendorong dalam kegiatan produksi[4]. Penentuan jenis fluida pendorong ini perlu dilakukan agar kita mengetahui jenis fluida pendorong yang mendominasi pada *reservoir* Lapangan “ARL”. Selanjutnya, untuk mengetahui tingkat keefektifan dan keefisienan produksi lapangan ini, maka dilakukanlah perhitungan *Recovery Factor* berdasarkan *Estimated Ultimate Recovery* dan *Original Oil In Place*[5].

Secara garis besar, penelitian ini adalah dilakukan dengan langkah pertama menentukan jenis fluida pendorong yang bekerja pada *reservoir* Lapangan “ARL” dengan menggunakan metode *material balance* dan selanjutnya menentukan besarnya persen *recovery factor* yang kemudian persen *recovery factor* ini akan dibandingkan dengan melihat tabel tingkat efisiensi perolehan minyak untuk memvalidasikan kebenaran jenis mekanisme pendorong dan jenis fluida pendorong yang bekerja pada Lapangan “ARL” ini berdasarkan perhitungan *recovery factor*-nya.

## 2. METODE PENELITIAN

Berikut tertera pada Gambar 1 merupakan bagan alir penyelesaian pada pengerjaan penelitian ini :



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penyelesaian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Perhitungan Jenis Fluida Pendorong Dengan Metode *Material Balance*

- 1). Menganalisis data tekanan *reservoir actual* dengan cara mengekstrapolasi [6], sehingga didapatkan tekanan rata-rata *reservoir*. Hasil yang didapat adalah  $y = -0,00002x^2 - 0,015x + 2277$ , dimana  $y$  sebagai tekanan rata-rata *reservoir* disetiap bulan dan  $x$  sebagai kumulatif hari produksi.
- 2). Menganalisis data PVT (*Pressure-Volume-Temperature*) Lapangan “ARL” pada Tabel 1 menjadi grafik, sehingga menghasilkan persamaan garis [6] dari nilai masing-masing data PVT, sebagai berikut:
  - a. Kelarutan gas ( $R_s$ ) dengan persamaan garis  $R_s = 0,302x - 7,751$ , dimana  $x$  sebagai tekanan *reservoir*.
  - b. Faktor volume formasi Minyak ( $B_o$ ) terbagi atas dua, yaitu  $B_o$  diatas tekanan gelembung ( $P_b [B_o > P_b]$ ) dengan nilai persamaan  $B_o = 0,0001x + 1,116$  dan  $B_o$  dibawah tekanan gelembung ( $P_b [B_o < P_b]$ ) dengan nilai persamaan garisnya  $B_o = -0,00002x + 1,496$ , dimana  $x$  sebagai tekanan rata-rata *reservoir* disetiap bulan.
  - c. Faktor volume formasi Gas ( $B_g$ ) setelah di analisis menggunakan grafik dari data pada tabel 1 menghasilkan persamaan garis, yaitu  $B_g = -0,00000000006x^3 + 0,0000003x^2 - 0,000x + 0,162$ , dimana  $x$  sebagai tekanan rata-rata *reservoir* disetiap bulan
  - d. Faktor volume formasi ( $B_w$ ) untuk perhitungan nilai Faktor Volume Formasi Air ( $B_w$ ), penulis menggunakan korelasi Dodson-Standing [7] dengan rumus sebagai berikut :

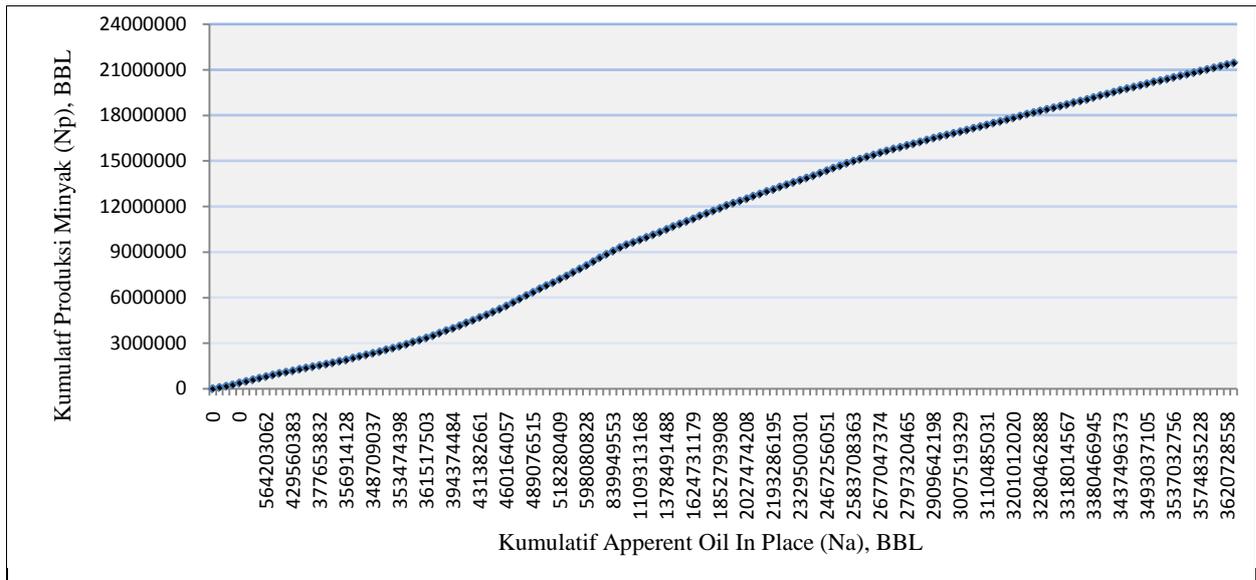
$$B_w = (1 + \Delta V_{wp})(1 + \Delta V_{wt}) \quad (1)$$

Maka, nilai  $B_w = (1 + -0,0030)(1 + 0,0553)$  adalah 1,552 BBL/STB

- 3). Pembuktian terjadinya perembesan air (*water influx*) pada Lapangan “ARL” dapat diketahui berdasarkan hasil kurva yang terbentuk dari *plotting* data *Apperent Oil* ( $N_a$ ) terhadap kumulatif produksi minyak ( $N_p$ ) yang tergambar pada Gambar 1. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa benar telah terjadi perembesan air (*water influx*) pada Lapangan “ARL” dan air yang merembes ke dalam *reservoir* tersebut akan menggantikan posisi minyak yang telah terproduksi ke sumur-sumur produksi.

**Tabel 1. Data PVT (*Pressure-Volume-Temperature*)**

| Pressure  | Rs  | Bo    | Gas     |
|-----------|-----|-------|---------|
|           |     |       | Bg      |
| 5000      | 683 | 1.403 |         |
| 4500      | 683 | 1.411 |         |
| 4000      | 683 | 1.419 |         |
| 3500      | 683 | 1.429 |         |
| 3000      | 683 | 1.438 |         |
| 2700      | 683 | 1.445 |         |
| 2600      | 683 | 1.447 |         |
| 2500      | 683 | 1.450 |         |
| 2400      | 683 | 1.452 |         |
| 2280      | 683 | 1.455 |         |
| 2200      | 659 | 1.444 | 0.00736 |
| 2000      | 597 | 1.415 | 0.00816 |
| 1700      | 505 | 1.374 | 0.00971 |
| Pb>> 1400 | 414 | 1.333 | 0.01195 |
| 1100      | 325 | 1.293 | 0.01543 |
| 800       | 236 | 1.253 | 0.02154 |
| 500       | 147 | 1.211 | 0.03498 |
| 250       | 70  | 1.171 | 0.07002 |

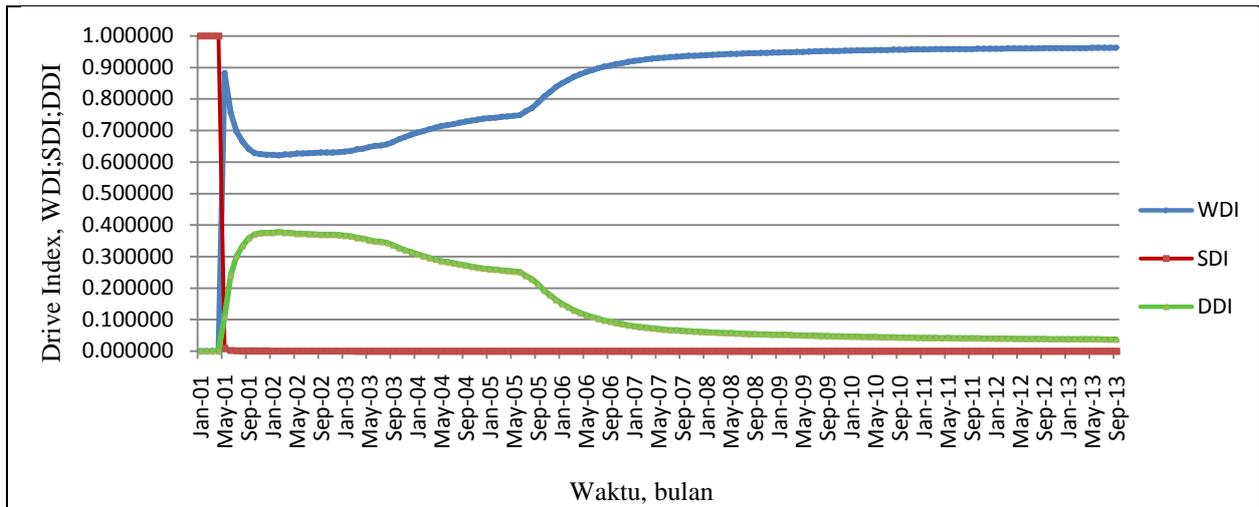


Gambar 2. Plot Apperent Oil (Na) Terhadap Kumulatif Produksi Minyak (Np) Lapangan “ARL”

4). Penentuan mekanisme pendorong yang bekerja pada *reservoir* Lapangan “ARL” dilakukan dengan menghitung tiga jenis *Drive Index* ini menggunakan data produksi dan data PVT[8]. Rumus yang tertera pada Tabel 2 merupakan persamaan dari masing-masing *drive index*, dimana konsep *drive index* ini mengharuskan penjumlahan dari ketiganya sama dengan satu. Hasil yang didapatkan pada Januari 2005 adalah *Water drive reservoir* (WDI) sebesar 74,140%, *Depletion Drive Index* (DDI) sebesar 19,422% dan *Segregation Drive Index* (SDI) sebesar 6,439%. Perhitungan *Drive Index* pada Januari 2005 tertera pada Tabel 2. Pada Gambar 2 akan digambarkan harga *Drive Index* masing-masing mulai dari bulan Januari 2001 sampai dengan September 2013. Dari perhitungan *Drive Index* dibawah ini dan hasil *plotting drive index* terhadap waktu produksi Lapangan “ARL” pada Gambar 2, maka dapat disimpulkan bahwa mekanisme pendorong yang bekerja pada *reservoir* lapangan “ARL” adalah *Water Drive Reservoir* dengan jenis fluida pendorong yang dominan adalah air.

Tabel 2. Perhitungan Drive Index pada Januari 2005

| Jenis Drive Index       | Water Drive Index (WDI)  | Depletion Drive Index (DDI)   | Segregation Drive Index (SDI)                            |
|-------------------------|--|---|--|
| Persamaan Umum          | $\frac{(W_e - W_p)}{N_p [B_t + B_g(R_p - R_{si})]}$  | $\frac{N (B_t - B_{ti})}{N_p [B_t + B_g(R_p - R_{si})]}$  | $1 - (WDI + DDI)$  |
| Perhitungan Drive Index | $\frac{24.026.984,9 - (1.401.608 \times 1,05)}{6.566.958 \times (1,519 + 3,1128)}$<br>= 0,74140 X 100%<br>= 74,140 | $\frac{91.820.000 \times (1,519 - 1,45)}{6.566.958 \times (1,519 + 3,1128)}$<br>= 0,19422 X 100%<br>= 19,422% | $1 - (0,74140 + 0,19422)$<br>= 0,06439 x 100<br>= 6,439% |
| Konsep Drive Index      | $WDI + SDI + DDI = 1$<br>$= 0,74140 + 0,19422 + 0,06439$<br>$= 1$  |   |  |



Gambar 3. Hasil Plot Drive Index Terhadap Waktu Produksi Lapangan “ARL”

### 3.2. Metode Decline Curve (Trial Error and X<sup>2</sup>-Chisquare Test) Dalam Penentuan Recovery Factor Lapangan”ARL”

Metode Decline Curve (Trial Error and X<sup>2</sup>-Chisquare Test) merupakan sebuah metode untuk menentukan nilai perkiraan laju produksi ( $q$ ) pada berbagai harga eksponen ( $b$ ), yaitu  $b = 0$  sampai  $b = 1$ . Berikut ini pada Tabel 3 tertera mengenai tipe decline, karakteristik, perhitungan  $D_i$  (Initial Decline Rate),  $q_o$  forecast, dan selisih  $q_o$  actual dengan  $q_o$  forecast ( $X^2$ ).

Tabel 3. Perhitungan Decline Curve (Trial Error and X<sup>2</sup>-Chisquare Test) Untuk Menentukan Tipe Decline

|  | Tipe Decline   |  |  |
|--|--|--|--|
|  | Exponential  | Hyperbolic   | Harmonic   |
| Eksponen (b)   | $b = 0$  | $0 > b > 1$  | $b = 1$  |
| Karakteristik  | bila <i>log rate</i> diplot terhadap waktu, maka akan terbentuk <i>straight line</i> (garis lurus) dan kurva penurunan ini hanya akan diperoleh apabila <i>loss ratio</i> -nya konstan | <i>hyperbolic decline</i> adalah ketika data produksi yang diplot akan menunjukkan garis melengkung ke atas pada kertas semilog.                                     | <i>Harmonic decline</i> akan terjadi apabila penurunan laju produksi persatuan waktu berbanding terhadap laju produksinya sendiri.     |
| Perhitungan $D_i$ (Initial Decline Rate)                         | $D_i = \ln \left( \frac{q_i}{q_t} \right) \frac{1}{t_i}$ $= \ln \left( \frac{4029,7}{3351,5} \right) \frac{1}{8}$ $= 0,023035$   | $D_i = \ln \left( \frac{q_i}{q_t} \right)^b - \frac{1}{b \cdot t_i}$ $*b = 0,1$ $= \left( \frac{4029,7}{3351,5} \right)^{0,1} - \frac{1}{0,1 \times 8}$ $= 0,023249$ | $D_i = \ln \left( \frac{q_i}{q_t} \right) - \frac{1}{b \cdot t_i}$ $= \left( \frac{4029,7}{3351,5} \right) - \frac{1}{8}$ $= 0,025295$ |
| Perhitungan $q_o$ forecast                                       | $q = q_i e^{-D_i \cdot t}$ $b = 0 \text{ dan } t = 8$ $= 4030^{-0,023035(8)}$ $= 3937,93 \text{ BOPD}$   | $q_o = q_i (1 + b \cdot D_i \cdot t)^{-\frac{1}{b}}$ $= 4029,7 (1 + (0,1)(0,023249)(8))^{-\frac{8}{0,1}}$ $= 3937,2 \text{ BOPD}$                                    | $q_o = q_i (1 + D_i \cdot t)^{-1}$ $= 4029,7 (1 + (0,025295)(8))^{-1}$ $= 3930,285 \text{ BOPD}$                                       |
| Perhitungan selisih $q_o$ actual dengan $q_o$ forecast ( $X^2$ ) | $X_n^2 = \left( \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i} \right)$ $= \left( \frac{(4029,7 - 3937,935)^2}{3937,935} \right)$ $= 2,13839$   | $X_n^2 = \left( \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i} \right)$ $= \left( \frac{(4029,7 - 3937,2)^2}{3937,2} \right)$ $= 2,173172$  | $X_n^2 = \left( \frac{(f_i - F_i)^2}{F_i} \right)$ $= \left( \frac{(4029,7 - 3930,285)^2}{3930,285} \right)$ $= 2,514671$              |

- 1). Jenis *decline* dilihat dari harga  $\sum X^2$  yang terkecil dianggap sebagai rumusan yang paling mendekati keadaan sebenarnya di lapangan, dari hasil perhitungan  $\sum X^2$  terkecil terjadi pada bulan April-November 2012 dengan nilai  $b=1$  dengan  $\sum X^2 = 21,14565$ , maka *decline* jenis *harmonic* inilah yang digunakan untuk menghitung *qo forecast*.
- 2). Dari perhitungan *qo forecast*, maka *recovery factor* dapat diketahui. Namun, *Remaining Reserve* (RR) dan EUR (*Estimated Ultimate Recovery*) harus dikalkulasi terlebih dahulu dengan rumusan:
  - a. Penentuan *Remaining Reserves* (RR) merupakan jumlah cadangan yang dapat diambil, yang masih tertinggal di dalam *reservoir* atau belum diproduksi ke permukaan[8]. Secara matematis dapat dituliskan dengan rumusan[10]:

$$RR = N_{pi} + Q_i \times (T_i + a) \times \ln\left(\frac{Q_i}{Q_e}\right) \times \left(\frac{365}{12}\right) \quad (2)$$

Maka, nilai RR dengan perhitungan  $11699012,08 + 5800 \times (75 + 42,2472) \times \ln\left(\frac{5800}{6000}\right) \times \left(\frac{365}{12}\right)$  adalah sebesar 10.979.838,06 BB.

Keterangan:

RR = Jumlah cadangan yang belum diproduksi

$N_{pi}$  = Kumulatif produksi minyak awal

$Q_i$  = Produksi minyak harian awal

$Q_e$  = Produksi minyak harian pada batas keekonomisannya

$T_i$  = Waktu (Bulan)

- b. Penentuan *Estimated Ultimate Recovery* (EUR)

*Estimated Ultimate Recovery* (EUR) merupakan estimasi jumlah cadangan minyak yang dapat diproduksi sesuai dengan teknologi, kondisi ekonomi dan peraturan-peraturan yang berlaku pada saat itu dan diproduksi sampai pada batas keekonomiannya[1]. Secara matematis dapat dituliskan dengan rumusan[10]:

$$EUR = RR + N_p \quad (3)$$

Maka, nilai EUR = 10.979.838,06 + 22.302.262 adalah sebesar 33.282.100,43 BB

Keterangan :

EUR = Estimasi jumlah cadangan minyak yang dapat diproduksi

RR = *Remaining Reserve* (cadangan sisa)

$N_p$  = Kumulatif produksi minyak

- c. Penentuan *Recovery Factor* (RF)

*Recovery Factor* (RF) adalah jumlah minyak yang dapat diambil dari suatu reservoir dan dinyatakan dalam persen (%). RF dapat diperoleh dengan cara membagi *Estimated Ultimate Recovery* dengan *Original Oil In Place* [1]. Secara matematis dapat dituliskan dengan rumusan[10]:

$$RF = \frac{EUR}{OOIP} \times 100\% \quad (4)$$

Maka, nilai RF :

$$RF = \frac{10.979.838,06 \text{ BBL}}{29.214.952,22 \text{ BBL}} \times 100\%$$

$$= 0,3758 \times 100\%$$

$$RF = 37,58 \%$$

Keterangan :

RF = *Recovery Factor*, dalam persen (%)

EUR = Jumlah cadangan minyak yang dapat diproduksi

OOIP = *Original Oil In Place*

**Tabel 4. Tingkat Efisiensi Perolehan Minyak**

| <b>TINGKAT EFISIENSI PEROLEHAN MINYAK</b>                      |   |
|--|---|
| <b>JENIS MEKANISME PENDORONG<br/>(Type of Drive Mechanism)</b> | <b>EFISIENSI PEROLEHAN<br/>(Recovery Factor)</b>                          |
| <i>Water Drive Reservoir</i>                                   | <b>35 – 75 %</b>  |
| <i>Gas Cap Drive Reservoir</i>                                 | <b>20 – 40 %</b>  |
| <i>Solution Gas Drive Reservoir</i>                            | <b>5 – 30 %</b>   |
| <i>Segregation Drive Reservoir</i>                             | <b>20 – 60 %</b>  |
| <i>Combination Drive Reservoir</i>                             | <b>&gt; Solution Gas Drive Reservoir<br/>&lt; Gas Cap Drive Reservoir</b> |

Dari perhitungan dengan menggunakan metode *material balance* diketahui bahwa mekanisme pendorong (*Drive mechanism*) yang bekerja pada *reservoir* Lapangan “ARL” adalah *water drive mechanism* dengan jenis fluida pendorong yang paling dominan adalah air. Sedangkan hasil yang didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan metode *decline curve* adalah diketahuinya nilai faktor pengembalian atau *recovery factor* Lapangan “ARL”, yaitu sebesar 37,58 %. Kedua hasil yang diperoleh dari dua metode yang berbeda ini kemudian akan disesuaikan dengan literatur yang tertera pada Tabel 4[1]. Tabel ini akan menghubungkan antara jenis mekanisme pendorong yang bekerja pada sebuah *reservoir* dengan tingkat efisiensi pengembaliannya atau besar persen *recovery factor*-nya, sehingga hasil akhir yang diperoleh adalah benar *reservoir* Lapangan “ARL” dengan *recovery factor* sebesar 37,58 % merupakan *water drive reservoir* dengan jenis fluida pendorong yang mendominasi adalah air.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada Lapangan “ARL”, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Mekanisme pendorong dari Lapangan “ARL” didominasi oleh air dengan jenis *water drive reservoir* ditunjukkan oleh persentase drive index sebagai berikut : Water Drive Index (WDI) sebesar 74,14 %, Depletion Drive Index (DDI) sebesar 19,422 % dan Segregation Drive Index (SDI) sebesar 6,439 % (Pada Januari 2005).
2. Jumlah cadangan minyak pada Lapangan “ARL” secara kumulatif yang telah diproduksi kepermukaan hingga September 2013 adalah sebesar 22.302 MBBL dengan nilai *remaining reseves* sebesar 10.979 MBBL dan Original Oil In Place sebesar 91.820 MBBL, maka *recovery factor*-nya sebesar 37,58%.
3. Dari perhitungan dengan menggunakan metode Material Balance diketahui bahwa jenis mekanisme pendorong yang bekerja pada Lapangan “ARL” adalah *Water Drive Reservoir* sedangkan dari perhitungan *recovery factor* yang dilakukan dengan metode *Decline Curve* menghasilkan tingkat efisiensi perolehan sebesar 37,581%. Berdasarkan studi literatur pada Tabel 4, diketahui bahwa, *recovery factor* dengan kisaran 35 -75 % merupakan tingkat perolehan untuk jenis *water drive reservoir* yang dimana pada Lapangan “ARL” ini fluida pendorong terbesarnya adalah air.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Anonim, (2011). *Betara Complex Plan Of Further Development (POFD) Post Kick Off Meeting 2011*. Jakarta : Jabung Block, Petrochina International Jabung Ltd.
- [2] Mukhtasor, (2012). *Pengantar Teknologi dan Operasi Produksi Minyak dan Gas*. Surabaya : ITS PRESS.
- [3] Craft, B.C and Hawkins, (1991). *Applied Petroleum Reservoir Engineering*. New Jersey : Prentice Hall Inc.
- [4] Ahmad, T and Mickinney, (2000). *Advance Reservoir Engineering*. U.S.A : Golf Publishing Company.
- [5] Beggs, D., (1991). *Production Optimaztion*. Tulsa : Oil and Gas Consultant International Inc.
- [6] Sudjana, (2005). *Metode Statistika*. Bandung : Tarsito.
- [7] Putri, D (2008). *Peramalan Perilaku Reservoir Lapangan WP Dengan Persamaan Material Balance*. Yogyakarta : UPN Veteran.
- [8] Rukmana, D dan Kristanto, (2012). *Teknik Reservoir dan Aplikasi*. Yogyakarta : Pohon Cahaya.
- [9] Kristanto, (2000). *Material Balance Equations*. Yogyakarta : Petroleum Engineering Departement UPN “Veteran”.
- [10] Mc.Cray, A., (1975). *Petroleum Evaluations and Economic Decision*. Oklahoma : School Of Petroleum an Geological Engineering University Of Oklahoma.