

**PERAMALAN PERILAKU RESERVOIR MENGGUNAKAN METODE  
*MATERIAL BALANCE* UNTUK LAPISAN “X” LAPANGAN “Y”  
BOB PT BSP – PERTAMINA HULU**

**SKRIPSI**

Diajukan Guna Memenuhi Syarat Penulisan Skripsi Untuk Meraih Gelar Sarjana  
Teknik di Jurusan Teknik Perminyakan Fakultas Teknologi Mineral Universitas  
Pembangunan Nasional ”Veteran” Yogyakarta



**Oleh :**

**LUSI AMBARAWURI**

**113 100 112**

**JURUSAN TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”  
YOGYAKARTA**

**2017**

**PERAMALAN PERILAKU RESERVOIR MENGGUNAKAN METODE  
MATERIAL BALANCE UNTUK LAPISAN “X” LAPANGAN “Y”  
BOB PT BSP – PERTAMINA HULU**

**SKRIPSI**

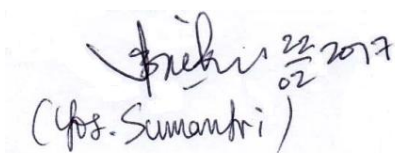
Oleh :

**LUSI AMBARAWURI**

**113 100 112**

**Disetujui untuk Jurusan Teknik Perminyakan  
Fakultas Teknologi Mineral  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta,  
Oleh Dosen Pembimbing:**

**Pembimbing I**



(Yos. Sumantri)

**Dr. Ir. Yoshaphat Sumantri, MT.**

**Pembimbing II**



**Hariyadi, ST., MT.**

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa judul dan keseluruhan isi Skripsi ini adalah asli karya ilmiah saya, dan saya menyatakan bahwa dalam rangka menyusun, berkonsultasi dengan dosen pembimbing hingga menyelesaikan Skripsi ini tidak pernah melakukan penjiplakan (plagiasi) terhadap karya orang atau pihak lain baik karya lisan maupun tulisan, baik sengaja maupun tidak disengaja.

Saya menyatakan bahwa apabila dikemudian hari terbukti bahwa Skripsi saya ini mengandung unsur penjiplakan (plagiasi) dari karya orang atau pihak lain, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, diluar tanggung jawab dosen pembimbing saya. Oleh karenanya saya sanggup bertanggung jawab secara hukum dan bersedia dibatalkan/dicabut gelar kesarjanaan saya oleh otoritas/Rektor Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, dan diumumkan kepada khalayak ramai.

Yogyakarta, Januari 2017

Yang menyatakan,



( Lusi Ambarawuri )

No.Telepon/HP : +6285326157775  
Alamat email : [lusiambarawuri@gmail.com](mailto:lusiambarawuri@gmail.com)  
Alamat : [Jl. Sakuntala Perum Graha Sakuntala E4](#)  
[Tangkerang Utara, Kota Pekanbaru](#)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

### **KELUARGA**

Papa (Syofyan Heri) dan Mama (Surinaningsih)  
serta kakak (Poppy Widiyani, Melani Sastaria Ningrum)  
dan adikku (Olga Osmelia) tercinta

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “*Peramalan Perilaku Reservoir Menggunakan Metode Material Balance untuk Lapisan “X” Lapangan “Y” BOB PT BSP – Pertamina Hulu*” ini dengan baik. Penyusunan Skripsi ini berdasarkan studi literatur yang dilanjutkan dengan proses pengolahan data yang berasal dari lapangan kajian, serta nantinya diakhiri dengan proses presentasi sebagai bentuk pertanggung jawaban dan melatih kemampuan berpendapat.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K, Msc, selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
2. Dr. Ir. Suharsono, MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
3. Dr. Ir. Drs. H. Herianto, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Perminyakan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Eko Widi P., ST, MT, selaku Dosen Wali.
5. Dr. Ir. Yoshaphat Sumantri, MT., selaku Dosen Pembimbing I.
6. Hariyadi, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II.
7. Ibu Rima Amelia, selaku Pembimbing Lapangan di BOB PT BSP – Pertamina Hulu.
8. *Support Engineer, Staff*, dan Karyawan di Divisi Teknik Reservoir di BOB PT BSP – Pertamina Hulu..
9. Saudara SPARTAN 2010 dan semua pihak yang ikut membantu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tulisan ini masih banyak kekurangan untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Yogyakarta, Januari2017

Penulis

## RINGKASAN

Lapisan "X" merupakan reservoir minyak *water drive* yang berproduksi sejak tahun 1974 dimana kumulatif produksi minyak ( $N_p$ ) telah mencapai 8.913,5Mstb dengan kumulatif produksi air ( $W_p$ ) sebesar 102.035 Mstb. Hingga saat ini Lapisan "X" belum pernah melakukan peramalan perilaku reservoir dengan menggunakan metode *material balance*, sehingga perlu dilakukannya peramalan perilaku peresvoir dengan menggunakan metode tersebut. Namun, Lapisan "X" memiliki data-data mengenai *aquifer* yang sangat minim. Hal ini menyebabkan model perembesan air dari *aquifer* ke dalam reservoir belum bisa ditentukan dengan tepat. Akibatnya jumlah air yang masukdari *aquifer* ke dalam reservoir juga tidak diketahui dengan pasti. Oleh karena itu, diperlukan suatu pemodelan menggunakan data produksi dan tekanan yang ada dengan menggunakan persamaan *material balance*. Hasil dari pemodelan model perembesan air ini berguna dalam melakukan peramalan perilaku reservoir pada tahun-tahun yang akan datang.

Penentuan model perembesan air, pertama-tama digunakan persamaan perembesan air aliran mantap(*steady state*) dari *Schilthuis* dengan mencari harga  $F/Et$  dan  $\sum(\Delta P \cdot \Delta t)/Et$  kemudian kedua parameter diplot. Apabila hubungan  $F/Et$  terhadap  $\sum(\Delta P \cdot \Delta t)/Et$  tidak linear, maka persamaan perembesan air pada Lapisan "X" tersebut tidak memenuhi aliran mantap. Selanjutnya menggunakan perembesan air aliran tidak mantap (*unsteady state*) dari *Van Everdingen-Hurst*. Model perembesan air ini menggunakan prinsip persamaan *material balance* sebagai suatu persamaan garis lurus Havlena Odeh yang dikombinasikan dengan persamaan perembesan air. Penentuan model *water influx* ini dilakukan pada berbagai model *water influx* baik *finite aquifer* maupun *infinite aquifer*. Pada metode ini mengasumsikan beberapa kombinasi harga  $A$  dan  $r_D$  secara coba-coba untuk mendapatkan  $A$  dan  $r_D$  yang tepat berdasarkan persentase kesalahan regresi terkecil pada plot  $F/Et$  (*voidage reservoir*) terhadap  $S/Et$  dan terjadi keselarasan antara kumulatif *water influx materialbalance* dan kumulatif *water influx* model yang dipilih untuk menjadi model *water influx* yang sesuai untuk Lapisan "X". Setelah itu dapat ditentukan besarnya harga  $C_v$  (konstanta perembesan *water influx*) yang merupakan *slope* dari penarikan garis lurus plot  $F/Et$  terhadap  $S/Et$  dan OOIP (*Original Oil In Place*) *material balance*. Besaran-besaran tersebut nantinya digunakan untuk melakukan peramalan perilaku reservoir lima tahun mendatang dengan cara "*trial and error*".

Tenaga pendorong Lapisan "X" adalah *Strong Water Drive* dengan index tenaga pendorongnya sebesar **99,6292 %**. Model *water influx* yang sesuai untuk Lapisan "X" pada Lapangan "Y" adalah model VEH (*Unsteady State*) untuk *infinite aquifer* dengan jari-jari tak berdimensi ( $r_D$ ) =  $\infty$ , konstanta waktu tak berdimensi ( $A$ ) = **27,13 tahun<sup>-1</sup>** dan konstanta perembesan air ( $C_v$ ) = **6,803Mbbl/tahun/psi**. Model ini mempunyai persen kesalahan sebesar ( $V$ ) = **4,94 %**. OOIP yang didapatkan sebesar ( $N$ ) = **32.986,3MSTB**. Hasil peramalan perilaku reservoir menunjukkan bahwa selama lima tahun kedepan jumlah minyak yang dapat diproduksi dengan metode saat ini sebesar **9.471,7MSTB**.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Metodologi .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN “Y” .....</b>	<b>6</b>
2.1. Sejarah Lapangan “Y” .....	6
2.2. Geologi Regional Lapangan “Y” .....	7
2.2.1. Tektonik Regional.....	7
2.2.2. Struktur Geologi.....	8
2.2.3. Stratigrafi Lapangan “Y” .....	12
2.3. Karakteristik Reservoir Lapisan “X” .....	17
2.3.1. Sifat Fisik Batuan Reservoir .....	17
2.3.2. Sifat Fisik Fluida Reservoir .....	17
2.3.3. Kondisi Reservoir.....	17
2.4. Sejarah Produksi Lapisan “X” .....	17
<b>BAB III. DASAR TEORI .....</b>	<b>20</b>
3.1. Persamaan Umum <i>Material Balance</i> .....	20
3.1.1. Persamaan <i>Material Balance</i> untuk Reservoir Minyak ....	20
3.1.2. <i>Material Balance</i> sebagai Garis Lurus .....	26
3.1.2.1. Metode Campbell .....	30

## DAFTAR ISI

(Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
3.1.2.2. Campbell Plot .....	31
3.1.3. Metode Pengembangan Persamaan <i>Material Balance</i> .....	33
3.1.4. Analisis Regresi Havlena Odeh .....	35
3.1.5. Metode Caret.....	38
3.1.6. Hubungan antara Konstanta Aquifer dengan OHIP .....	39
3.3. Mekanisme Pendorong Reservoir .....	40
3.2.1. <i>Rock and Liquid Expansion Drive Reservoir</i> .....	41
3.2.2. <i>Solution Drive Reservoir</i> .....	41
3.2.3. <i>Gas Cap Drive Reservoir</i> .....	43
3.2.4. <i>Water Drive Reservoir</i> .....	45
3.2.5. <i>Segregation Drive Reservoir</i> .....	47
3.2.6. <i>Combination Drive Reservoir</i> .....	49
3.3. Konsep <i>Drive Index</i> .....	51
3.4. <i>Water Influx</i> .....	52
3.4.1. Metode Schilthuis ( <i>Steady-state Aquifer</i> ) .....	54
3.4.2. Metode Van Everdingen-Hurst ( <i>Unsteady-state Aquifer</i> ). ..	55
3.5. Peramalan Perilaku Reservoir Metode " <i>Trial &amp; Error</i> " .....	56
<b>BAB IV. ANALISA DAN PERAMALAN PERILAKU RESERVOIR</b>	
<b>PADA LAPISAN "X" .....</b>	<b>59</b>
4.1. Data yang digunakan .....	59
4.1.1. Data Tekanan Reservoir .....	59
4.1.2. Data PVT ( <i>Pressure-Volume-Temperature</i> ) .....	59
4.1.3. Data Produksi .....	59
4.1.4. Data Penunjang .....	60
4.2. Prosedur Perhitungan Analisa Perilaku Reservoir .....	61
4.3. Peramalan Perilaku Reservoir .....	71
<b>BAB V. PEMBAHASAN.....</b>	<b>75</b>
5.1. Penentuan Model Perembesan Air Lapisan "X" .....	75
5.2. Peramalan Perilaku Reservoir Lapisan "X" .....	79
<b>BAB VI. KESIMPULAN.....</b>	<b>81</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>82</b>
<b>DAFTAR SIMBOL .....</b>	<b>83</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1. Diagram Alir Penelitian.....	5
2.1. Peta Lokasi Lapangan “Y” .....	6
2.2. Tektonik Lempeng Saat ini.....	7
2.3. Kerangka Tektonik Regional Cekungan Sumatera Tengah .....	9
2.4. Perkembangan Tektonik Tersier di Cekungan Sumatera Tengah.....	11
2.5. Peta Top Struktur Lapangan “Y” .....	12
2.6. Profil Tekanan Lapisan “X” pada Lapangan “Y” .....	18
2.7. Perilaku Produksi Lapisan “X” Lapangan “Y” .....	18
2.8. Perilaku Kumulatif Produksi Lapisan ”X” Lapangan ”Y” .....	19
3.1. Plot F versus $E_o$ .....	27
3.2. Plot $(F/E_o)$ versus $(W_e/E_o)$ .....	28
3.3. Plot F versus $(E_o+mE_g)$ .....	29
3.4. Plot $(F/E_o)$ versus $(W_e/E_o)$ .....	30
3.5. Plot Antara $F/E_t$ vs F pada Metode Campbell .....	31
3.6. Bentuk Kurva Campbell Plot .....	32
3.7. Plot $(F/E_t)$ versus $\frac{\sum Qtd.\Delta P}{E_t}$ pada Reservoir <i>Water Drive</i> .....	35
3.8. <i>Solution Gas Drive Reservoir</i> .....	41
3.9. Data Produksi dari <i>Solution Gas Drive Reservoir</i> .....	42
3.10. <i>Gas Cap Drive Reservoir</i> .....	43
3.11. Data Produksi dari <i>Gas Cap Drive Reservoir</i> .....	44
3.12. <i>Water Drive Reservoir</i> .....	45
3.13. Data Produksi dari <i>Water Drive Reservoir</i> .....	46
3.14. <i>Segregation Drive Reservoir</i> .....	47
3.15. Perilaku <i>Segregation Drive Reservoir</i> .....	48
3.16. <i>Combination Drive Reservoir</i> .....	50
3.17. Sejarah Produksi dari <i>Combination Drive Reservoir</i> .....	50
3.18. Perembesan Air Pada Aliran Mantap ( <i>Steady State Flow</i> ).....	53

**DAFTAR GAMBAR**  
**(Lanjutan)**

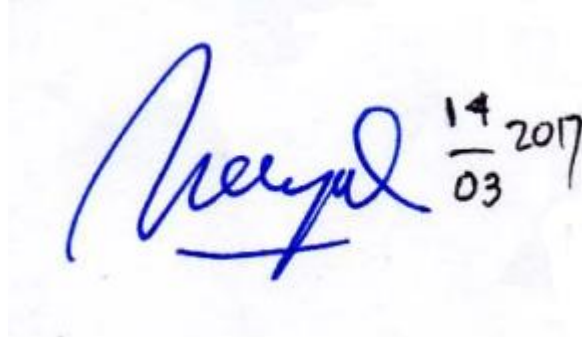
<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
3.19. Perembesan Air Pada Aliran Tidak Mantap ( <i>Unsteady State Flow</i> ) ....	54
4.1. Plot antara $N_p$ dan $N_a$ Lapisan “X” .....	62
4.2. Plot <i>Drive Index</i> Lapisan “X” .....	63
4.3. Campbell Plot Lapisan “X” .....	63
4.4. Plot $F/Et$ vs $\sum(\Delta P \cdot \Delta t)/Et$ / $Et$ pada <i>Steady State Aquifer</i> .....	65
4.5. Plot <i>Regression Error (%)</i> vs <i>Time Constant Aquifer(A)</i> .....	68
4.6. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ <i>Unsteady State</i> @ $r_D = \infty$ dan $A = 27,13$ .....	70
4.7. <i>History Matching</i> antara $We_{MODEL}$ dan $We_{MB}$ .....	70
4.8. Peramalan Perilaku Reservoir pada Lapangan “Y” .....	74
B.1. Plot Tekanan Reservoir Ekstrapolasi terhadap Waktu .....	90
B.2. Plot Faktor Volume Formasi Minyak terhadap Tekanan .....	90
B.3. Plot Faktor Volume Formasi Air terhadap Tekanan .....	91
F.1. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ pada $A = 1$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 6$ .....	106
F.2. Plot $We_{MODEL}$ dan $We_{MBAL}$ pada $A = 1$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 6$ .....	106
F.3. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ pada $A = 1$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 7$ .....	109
F.4. Plot $We_{MODEL}$ dan $We_{MBAL}$ pada $A = 1$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 7$ .....	109
F.5. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ pada $A = 2$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 8$ .....	112
F.6. Plot $We_{MODEL}$ dan $We_{MBAL}$ pada $A = 2$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 8$ .....	112
F.7. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ pada $A = 2$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 9$ .....	115
F.8. Plot $We_{MODEL}$ dan $We_{MBAL}$ pada $A = 2$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 9$ .....	115
F.9. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ pada $A = 3$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 10$ .....	118
F.10. Plot $We_{MODEL}$ dan $We_{MBAL}$ pada $A = 3$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = 10$ .....	118
G.1. Plot $F/Et$ vs $S/Et$ pada $A = 27,13$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = \infty$ .....	124
G.2. Plot $We_{MODEL}$ dan $We_{MBAL}$ pada $A = 27,13$ tahun <sup>-1</sup> dan $re/rw = \infty$ .....	124

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
I-1. Tektonostratigrafi Cekungan Sumatera Tengah .....	13
A-1. Data Tekanan Original Lapisan "X" Lapangan "Y" .....	86
A-2. Data PVT dan Produksi Lapisan "X" Lapangan "Y" .....	87
C-1. Perhitungan <i>Drive Index</i> Lapisan "X" Lapangan "Y" .....	93
C-2. Perhitungan <i>Model Aquifer Steady State</i> Lapisan "X" .....	94
D-1. Perhitungan Na Berdasarkan Data Produksi dan PVT .....	96
E-1. Perhitungan Kumulatif <i>Water Influx</i> Persamaan <i>Material Balance</i> .....	99
F-1. Perhitungan F dan Beberapa Harga Ekspansi ( <i>Finite Aquifer</i> ).....	102
F-2. Perhitungan We dengan $A = 1 \text{ tahun}^{-1}$ dan $re/rw = 6$ .....	104
F-3. Perhitungan We dengan $A = 1 \text{ tahun}^{-1}$ dan $re/rw = 7$ .....	107
F-4. Perhitungan We dengan $A = 2 \text{ tahun}^{-1}$ dan $re/rw = 8$ .....	110
F-5. Perhitungan We dengan $A = 2 \text{ tahun}^{-1}$ dan $re/rw = 9$ .....	113
F-6. Perhitungan We dengan $A = 3 \text{ tahun}^{-1}$ dan $re/rw = 10$ .....	114
G-1. Perhitungan F dan Beberapa Harga Ekspansi ( <i>Infinite Aquifer</i> ).....	120
G-2. Perhitungan We dengan $A = 27,13 \text{ tahun}^{-1}$ dan $re/rw = \infty$ .....	122
H-1. <i>Finite Aquifer Value of Dimensionless Water Influx (<math>Q_{tD}</math>) for Value of Dimensionless Time (<math>t_D</math>)</i> .....	126
H-2. <i>Infinite Aquifer Value of Dimensionless Water Influx (<math>Q_{tD}</math>) for Value of Dimensionless Time (<math>t_D</math>)</i> .....	127
I-1. Perhitungan Persen Kesalahan Berbagai Kombinasi $re/rw$ dan A.....	129
J-1. Peramalan Perilaku Reservoir Lapisan "X" Lapangan "Y" .....	131

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran



	<b>Halaman</b>
A. Data Tekanan Original, Data PVT dan Data Produksi.....	85
B. Plot Tekanan Original, Data PVT dan Data Produksi.....	89
C. Perhitungan Index Tenaga Pendorong dan Model Aquifer Steady State Lapisan “X” Lapngan “Y” .....	92
D. Perhitungan Na Berdasarkan Data Tekanan dan Data PVT .....	95
E. Perhitungan Kumulatif <i>Water Influx</i> Persamaan <i>Material Balance</i> .....	98
F. Perhitungan Penentuan Model <i>Water Influx-Finite Aquifer</i> .....	101
G. Perhitungan Penentuan Model <i>Water Influx-Infinite Aquifer</i> .....	119
H. <i>Finite Aquifer Values of Dimensionless Water Influx (<math>Q_{tD}</math>) for Values of Dimensionless Time (<math>T_D</math>) and Infinite Aquifer Values of Dimensionless Water Influx (<math>Q_{tD}</math>) for Values of Dimensionless Time (<math>T_D</math>)</i> .....	125
I. Hasil Perhitungan Persen Kesalahan Berbagai Kombinasi $r_D$ dan A....	129
J. Perhitungan Peramalan Perilaku Reservoir Lapisan “X” .....	130