

**PENENTUAN POLA INJEKSI OPTIMUM UNTUK PROSES  
WATERFLOODING DENGAN MENGINTEGRASIKAN  
MODEL STATIK DAN MODEL DINAMIS LAPANGAN “BM”  
CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA**



**T E S I S**

**Bagus Adhitya, ST**  
**NIM. 211130008**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “ VETERAN “  
YOGYAKARTA  
2017**

# **PENENTUAN POLA INJEKSI OPTIMUM UNTUK PROSES WATERFLOODING DENGAN MENGINTEGRASIKAN MODEL STATIK DAN MODEL DINAMIS LAPANGAN “BM” CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA**

**SARI**

**Oleh:**

**Bagus Adhitya**

**211.013.008**

Lapangan BM terletak 35 km sebelah Barat laut kota Cirebon. Pemboran pertama kali dilakukan pada sumur BMP-45 oleh bagian eksplorasi Pertamina pada tahun 1969 yang menghasilkan minyak dan gas. Formasi produktif Lapisan BM-1 terletak pada Formasi Cibulakan Atas yang berumur Miosen Awal sampai Miosen Tengah. Dan lapisan BM-2 dan BM-3 terletak pada Formasi Talangakar (TAF) yang berumur Oligocene akhir.

Penurunan atau *decline* produksi adalah hal yang pasti dalam suatu industri minyak dan gas, hal ini disebabkan oleh penurunan tekanan reservoir karena adanya proses produksi fluida reservoir ke permukaan. Oleh karena itu untuk memperlambat *decline* produksi dilakukan injeksi air atau *waterflooding* untuk mempertahankan tekanan reservoir dan juga untuk mendesak minyak yang masih tertinggal di reservoir. Namun dalam prakteknya sangat sulit untuk menentukan lokasi dari sumur injeksi air dan pola apa yang paling cocok untuk diterapkan di suatu lapangan tersebut. Karena tidak diketahui bagaimana kondisi reservoir di bawah permukaan. Oleh karena itu perlu mengintegrasikan data dari properti Geologi berupa peta isoporositas, isopermeabilitas, *Vshale* dan *Sw* dengan data dari model dinamis berupa hasil simulasi reservoir, sehingga dari *overlay* peta-peta tersebut didapat peta yang menunjukkan lokasi di reservoir yang masih potensial untuk dikembangkan ke tahap injeksi air atau *waterflooding*.

Tujuan dari analisa ini adalah untuk mengembangkan konsep analisa yang terintegrasi antara geologi, reservoir, dan produksi dari lapangan yang akan dilakukan injeksi air atau *waterflooding*. Untuk menentukan pola injeksi optimum ada beberapa faktor yang dipertimbangkan, sejarah produksi, tekanan reservoir, konektifitas antara sumur injeksi-produksi (sektorisasi geologi), dan lokasi dari akumulasi minyak di reservoir (simulasi reservoir). dengan mempertimbangkan semua faktor diatas akan didapat gambaran dari lokasi kandidat sumur injeksi dan sumur produksi. Adapun pola yang digunakan dalam studi ini adalah pola injeksi *peripheral* dan pola injeksi normal *five spot*.

Kata kunci: *waterflooding*, *overlay*, sektorisasi, Simulasi reservoir.

# **DETERMINATION OF OPTIMUM PATTERN FOR WATERFLOODING PROCESS TO INTEGRATE STATIC MODEL AND DYNAMIC MODEL FIELD "BM" NORTH WEST JAVA BASIN**

## ***ABSTRACT***

**Bagus Adhitya**  
**211.013.008**

BM field is located 35 km West of of Cirebon city. First drilling was performed on BMP-45 by Pertamina in 1969 which produces oil and gas. Productive formation layer BM-1 is located on Upper Cibulakan formation at Miocene Early to Middle Miocene. And layer BM-2 and BM-3 are located on the Talangakar Formation (TAF) at late Oligocene.

Decline of production is a sure thing in an oil and gas industry, this is caused by the decrease of reservoir pressure while production processes. Therefore, to hold production decline water injection or waterflooding are carried to maintain reservoir pressure and also to urge the remaining oil in the reservoir. But in practice it is very difficult to determine the location of water injection well and what kind of pattern most suitable to be applied in the field, because it's hard to describe how reservoir condition condition. Therefore it is necessary to integrate data from Geology property (isoporosity, isopermeability, Vshale and Sw) with data from a dynamic model (reservoir simulation). So that the result showing the location in the reservoir which still potential to be developed to the stage of injection water or waterflooding.

The purpose of this analysis is to integrated analysis between geology, reservoir, and production from the field that will be carried waterflooding. To determine the optimum injection patterns there are several factors to consider, the history of the production, reservoir pressure, the connectivity between the injection well-production well (sectorization geology), and the location of oil accumulation in the reservoir (reservoir simulation). By consider all the factors, we will get description of location injection wells and production wells. The pattern used in this study is a peripheral injection pattern and normal five spots pattern.

Keywords: waterflooding, overlay, sectorization, reservoir simulation.

**PENENTUAN POLA INJEKSI OPTIMUM UNTUK PROSES  
WATERFLOODING DENGAN MENGINTEGRASIKAN  
MODEL STATIK DAN MODEL DINAMIS LAPANGAN “BM”  
CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA**

**T E S I S**

**Tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik  
dari Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta**

Oleh :

**Bagus Adhitya, ST**  
**211130008**

Pembimbing II

Pembimbing I

Dr. Ir. Jatmika Setiawan, MT  
NIK. 1964 0411 199303 1 001

Dr. Ir. Dedi Kristanto, MT  
NIP. 1965 1229 199003 1 001

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Magister Teknik Geologi

Dr. Ir. C. Prasetyadi, M.Sc  
NIP. 19581104 198703 1 001

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “ VETERAN “  
YOGYAKARTA  
2017

Tesis Berjudul

**PENENTUAN POLA INJEKSI OPTIMUM UNTUK PROSES  
WATERFLOODING DENGAN MENGINTEGRASIKAN  
MODEL STATIK DAN MODEL DINAMIS LAPANGAN “BM”  
CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA**

**Bagus Adhitya, ST**  
**211130008**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji pada tanggal 12 Juni 2017  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

**Susunan Dewan Penguji**

Ketua Penguji / Pembimbing II

Penguji / Pembimbing I

Dr. Ir. Jatmika Setiawan, MT  
NIP. 19640411 199303 1 001

Dr. Ir. Dedi Kristanto, MT  
NIP. 19651229 199003 1 001

Penguji

Penguji

Dr. Ir. Dyah Rini Ratnaningsih, MT  
NIP. 19600129 198503 2 001

Ir. Bambang Triwibowo, MT  
NIP. 19550605 198903 1 001

Mengetahui,  
UPN “Veteran” Yogyakarta

Dekan  
Fakultas Teknologi Mineral

Koordinator Program Studi  
Magister Teknik Geologi

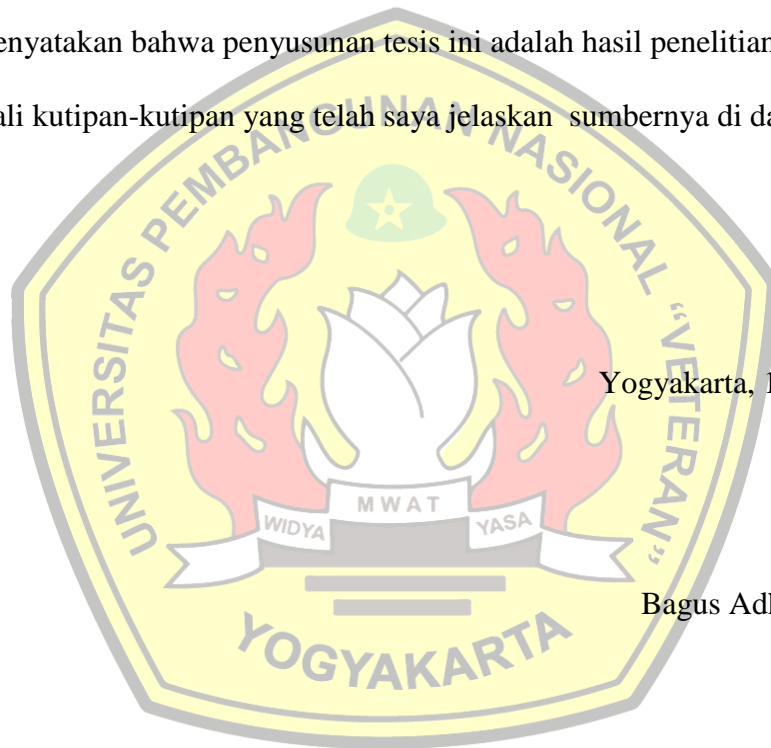
Dr. Ir. Suharsono, MT  
NIP. 19620923 199003 1 001

Dr. Ir. C. Prasetyadi, M.Sc  
NIP. 19581104 198703 1 001

## STATEMENT / PERNYATAAN

I state of this report thesis result originating from my own research except in reference of several conceptions where are mentioned in the bibliography.

Saya menyatakan bahwa penyusunan tesis ini adalah hasil penelitian saya sendiri terkecuali kutipan-kutipan yang telah saya jelaskan sumbernya di daftar pustaka.



Yogyakarta, 12 Juni 2017

Bagus Adhitya, ST

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan khusus kepada kedua orang tua yang selalu mendoakan anaknya, papa dan mama... terima kasih telah membesarkan anakmu dengan kasih sayang, disiplin dan tanggung jawab.

Terima kasih kepada orang tua kami semua di jogja pak Dedy Kristanto, yang telah memberikan ilmu dan kesempatan untuk bekerja dan mencari pengalaman. “kalau saya memberikan uang pasti akan habis, kalau saya meberikan ilmu bertahan dan berguna selamanya” – (Dedy kristanto).

Teman-teman sekaligus saudara grant-karangmojo crew yang selalu membuat hati ini betah untuk tinggal lama disini walaupun sangat jauh dari orang tua.

The one who always asking “kapan lulus” , I am trying hard for you!  
Bismillah..

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. QS. Al-Insyirah : 6*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini. Tesis yang berjudul “Penentuan Pola Injeksi Optimum Untuk Proses Waterflooding dengan Mengintegrasikan Model Statik dan Model Dinamis Lapangan BM Cekungan Jawa Barat Utara” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Magister Strata Dua (S-2) di Magister Teknik Geologi, Program Pasca Sarjana, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

Terselesaikannya Laporan Tesis ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang telah membantu. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sangat mendalam kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti, M.Sc. Selaku Rektor UPN
2. Prof. Dr. Ir. Sutanto, DEA. Selaku Ketua Program Pasca Sarjana UPN
3. Dr. Ir. C. Prasetyadi, M.Sc., selaku Direktur Magister Teknik Geologi, UPN “Veteran” Yogyakarta
4. Dr. Ir. Dedi Kristanto, M.T. selaku dosen pembimbing I Tesis.
5. Dr. Ir. Jatmika Setiawan, M.T. selaku dosen pembimbing II Tesis.
6. Kedua orangtua dan kakak yang senantiasa mencurahkan kasih sayang dan dukungan, baik moril maupun materil kepada penulis.

Penulis meyakini sepenuhnya bahwa dalam penulisan ini masih terdapat banyak kekurangannya, sehingga kritik dan saran yang membangun akan sangat berarti bagi penulis. Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang memerlukannya.

Yogyakarta, 12 Juni 2017

Bagus Adhitya



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>SARI</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan penelitian .....	2
1.3. Lokasi Daerah Penelitian .....	3
1.4. Identifikasi dan Batasan Masalah .....	4
1.5. Hipotesa .....	4
1.6. Hasil yang Diharapkan .....	5
1.7. Metodologi .....	5
1.8. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II. TINJAUAN GEOLOGI</b> .....	<b>8</b>
2.1. Geologi Regional Cekungan Sumatera Tengah .....	8
2.2. Struktur Geologi Regional Daerah Penelitian .....	11
2.3. Fisiografi Regional .....	12
2.3.1. Blok Banten .....	12
2.3.2. Blok Jakarta-Cirebon .....	13
2.3.3. Blok Bogor .....	14
2.3.4. Blok Pegunungan Selatan .....	15
2.4. Stratigrafi Daerah Penelitian .....	15
2.4.1. Batuan Dasar .....	17
2.4.2. Formasi Vulkanik Jatibarang .....	17
2.4.3. Formasi Cibulakan .....	17
2.4.3.1. Anggota Cibulakan Bawah .....	18
2.4.3.1. Anggota Cibulakan Atas .....	20

## DAFTAR ISI (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
2.4.4. Formasi Parigi .....	20
2.4.5. Formasi Cisubuh .....	20
2.4.6. <i>Alluvial</i> .....	21
2.5. Struktur Geologi Daerah Penelitian .....	23
2.5.1. Periode Kapur Akhir-Tersier Awal: Struktur berarah Utara – Selatan (Pola Sesar Sunda) ( <i>Syn Rift</i> ) .....	24
2.5.2. Periode Neogen (Miosen Awal) : Struktur berarah Barat-Timur (Pola Tektonik Jawa) ( <i>Post Rift</i> ) .....	25
2.5.3. Periode Miosen Tengah-Miosen Akhir (Periode <i>Sagging</i> ) .....	25
2.5.4. Periode Pliosen – Pleistosen : Kompresi kembali à Sesar naik pada Jalur Cekungan Jatibarang, menghasilkan cebakan – cebakan hidrokarbon .....	25
2.6. Petroleum System .....	26
2.6.1. Batuan Induk .....	26
2.6.2. Migrasi .....	26
2.6.3. Batuan Reservoar .....	27
2.6.4. Perangkap .....	27
2.6.5. Batuan Penutup .....	27
<b>BAB III. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>28</b>
3.1. <i>Waterflooding</i> .....	28
3.2. Karakteristik Reservoir yang Berpengaruh pada Proses Pendesakan .....	32
3.2.1. Wettabilitas .....	32
3.2.2. Saturasi Fluida .....	33
3.2.3. Permeabilitas Relatif Batuan .....	34
3.2.4. Tekanan Kapiler .....	35
3.2.5. Mobilitas Fluida .....	36
3.3. Perencanaan <i>Waterflooding</i> .....	37
3.3.1. Penentuan Lokasi Sumur Injeksi-Produksi .....	37
3.3.2. Penentuan Pola Sumur Injeksi-Produksi .....	38
3.3.3. Penentuan Debit dan Tekanan Injeksi .....	40
3.4. Teori Pendesakan .....	41
3.4.1. Konsep Pendesakan Fluida .....	42
3.5. Simulasi Reservoir .....	47
3.5.1. Langkah-langkah Pengerjaan Simulasi Reservoir .....	48
3.5.1.1. Persiapan Data .....	48
3.5.1.2. Input Data .....	49
3.5.1.3. Inisialisasi .....	50
3.5.1.4. <i>History Matching</i> .....	51
3.5.1.5. <i>Forecast atau prediksi</i> .....	52

## DAFTAR ISI (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
<b>BAB IV. PENGOLAHAN, ANALISA DATA DAN HASIL .....</b>	<b>54</b>
4.1. Persiapan Data .....	55
4.1.1. Data Core .....	55
4.1.2. Data Log .....	55
4.1.3. Analisa Kuantitatif .....	58
4.1.3.1. Volume Shale .....	58
4.1.3.2. Porositas .....	59
4.1.1.3. Perhitungan Permeabilitas .....	59
4.1.3.4. Penentuan Saturasi Air (SW) .....	60
4.1.3.5. <i>Cut Off</i> dan <i>Reservoir Summary</i> .....	60
4.2. Kajian Geofisika .....	63
4.2.1. Ketersediaan Data .....	63
4.2.2. Kualitas Data Seismik .....	64
4.2.3. <i>Well to Seismic Tie</i> .....	65
4.2.4. Interpretasi Struktur Seismik .....	66
4.2.5. Konversi Struktur Waktu ke Kedalaman ( <i>Time to Depth Conversion</i> ) .....	70
4.2.8. <i>Attribute Seismic Processing and Analysis</i> .....	73
4.3. <i>Structural Modeling</i> .....	78
4.3.1. <i>Mapping</i> .....	79
4.3.2. <i>Fault Modeling</i> .....	79
4.3.3. <i>Pillar Gridding</i> .....	80
4.3.4. Segmentasi .....	80
4.3.5. Permodelan Horison .....	81
4.3.6. Permodelan Zona Reservoir .....	81
4.3.7. <i>Layering</i> .....	83
4.3.8. Penentuan Kontak Fluida .....	84
4.3.9. <i>Properti Modeling</i> .....	86
4.3.9.1. <i>Scale Up Well Logs</i> .....	86
4.3.9.2. <i>Data Analysis</i> .....	87
4.3.9.3. <i>Facies</i> dan <i>Properti Modeling</i> .....	90
4.3.9.4. Permodelan Permeabilitas .....	96
4.3.9.5. Permodelan Sw .....	97
4.3.9.6. Perhitungan IGIP (Initial Gas In Place) dan OOIP .....	102
(Original Oil In Place) .....	102
4.4. Evaluasi Produksi .....	104
4.4.1. Status Sumuran .....	104
4.4.2. <i>Production History</i> .....	106
4.4.2.1. Sejarah Produksi Lapisan BM-1 .....	106
4.4.2.2. Sejarah Produksi Lapisan BM-2 .....	107
4.4.2.3. Sejarah Produksi Lapisan BM-3 .....	108

## DAFTAR ISI (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
4.4.3. Analisa Sektorisasi .....	109
4.4.3.1. Analisa Sektorisasi <i>Vshale</i> .....	109
4.4.3.2. Analisa Sektorisasi Porositas .....	116
4.4.3.3. Analisa Sektorisasi Permeabilitas .....	122
4.4.3.4. <i>Overlay</i> Hasil Analisa Sektorisasi .....	128
4.4.4. Simulasi Reservoir .....	129
4.4.4.1. Pengolahan Data .....	135
4.4.4.2. Inisialisasi .....	140
4.4.4.3. Penyelarasan ( <i>History Matching</i> ) .....	144
4.4.4.4. Peramalan Reservoir .....	152
<b>BAB V. PEMBAHASAN</b> .....	<b>178</b>
5.1. Analisa Model Statik.....	178
5.1.1. Sektorisasi Geologi Lapisan BM-1 .....	179
5.1.2. Sektorisasi Geologi Lapisan BM-2 .....	179
5.1.3. Sektorisasi Geologi Lapisan BM-3 .....	180
5.2. Analisa Model Dinamis .....	181
5.2.1. Simulasi Reservoir .....	182
<b>BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>189</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>192</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.1.</b> Peta lokasi Lapangan “BM” (PT Pertamina EP) .....	4
<b>Gambar 1.2.</b> Diagram Alir Penelitian .....	7
<b>Gambar 2.1.</b> Cekungan Jawa Barat Utara ( <i>Pertamina</i> , 2000). .....	10
<b>Gambar 2.2.</b> Perkembangan Struktur dari Arah Selatan ke Utara ( <i>Martodjodjo</i> , 1989) .....	12
<b>Gambar 2.3.</b> Kenampakan Unit Blok di Jawa ( <i>Martodjodjo</i> , 1989) .....	13
<b>Gambar 2.4.</b> Kenampakan Unit Blok di Jawa ( <i>Martodjodjo</i> , 1989) .....	19
<b>Gambar 2.5.</b> Pengendapan Sedimen Selama Proses <i>Syn Rift</i> ( <i>Laporan GGRP Pertamina</i> , 2013) .....	21
<b>Gambar 2.6.</b> Pengendapan sedimen selama <i>Syn Rift</i> hingga <i>Post Rift</i> ( <i>Laporan GGRP Pertamina</i> , 2013) .....	22
<b>Gambar 2.7.</b> BM-1 <i>Depth Structure Map</i> .....	23
<b>Gambar 2.8.</b> BM-2 <i>Depth Structure Map</i> .....	23
<b>Gambar 2.9.</b> BM-3 <i>Depth Structure Map</i> .....	24
<b>Gambar 2.10.</b> Migrasi dan <i>Petroleum play</i> Lapangan BM .....	26
<b>Gambar 3.1.</b> Kedudukan Air Sepanjang Jalur Arus Sebelum (a) dan Sesudah Tembus Air (b) Pada Sumur Produksi ( <i>Mattax, C.C. and Dalton, L.R.</i> , 1990) .....	28
<b>Gambar 3.2.</b> Wettabilitas pada Sistem Minyak-Air-Padatan ( <i>Craig, Jr.</i> ,1971) .....	33
<b>Gambar 3.3.</b> Pola Sumur Injeksi-Produksi ( <i>Ahmed, Tarek.</i> , 2000).....	39
<b>Gambar 3.4.</b> Profil saturasi Air Berdasarkan Konsep Desaturasi ( <i>Lee John, W.</i> , 1985) .....	42
<b>Gambar 3.5.</b> Profil Saturasi Air Berdasarkan Konsep Pendesakan Torak ( <i>Lee John, W.</i> , 1985) .....	43
<b>Gambar 3.6.</b> <i>Kurva distribusi Fraksi Aliran Fungsi dari Saturasi</i> ( <i>Lee John, W.</i> , 1985) .....	47
<b>Gambar 4.1.</b> Lokasi Sumur yang Dilakukan Analisa Petrofisik Lapangan BM .....	57
<b>Gambar 4.2.</b> Parameter Shale dan Clean Sand Sumur BMP-182 Lapisan BM-1 .....	58
<b>Gambar 4.3.</b> Nilai Porositas Berdasarkan Interpretasi Petrofisika Sumur BMP-143.....	59
<b>Gambar 4.4.</b> Histogram untuk Penentuan GR <i>Shale-Clean</i> Parameter Sumur MAD-02 Nilai Permeabilitas Berdasarkan Metode Wylie-Rose Sumur BMP-127 .....	60
<b>Gambar 4.5.</b> Contoh Hasil Analisa Petrofisik untuk Sumur BMP-143 .....	61
<b>Gambar 4.6.</b> Penentuan <i>cut-off Vshale</i> dan Porositas Lapisan BM-1 .....	62
<b>Gambar 4.7.</b> Penentuan <i>cut-off Vshale</i> dan Porositas Lapisan BM-2 .....	62
<b>Gambar 4.8.</b> Penentuan <i>cut-off Vshale</i> dan Porositas Lapisan BM-3 .....	63
<b>Gambar 4.9.</b> Ketersediaan Data Seismik dan Sumur Lapangan BM .....	64
<b>Gambar 4.10.</b> Kualitas Data Seismik .....	65

## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	Halaman
<b>Gambar 4.11.</b> <i>Well to Seismic Tie</i> .....	66
<b>Gambar 4.12.</b> Pola Umum Sesar di Lapangan BM .....	67
<b>Gambar 4.13.</b> Pola Struktur Pada Inline 1149 .....	67
<b>Gambar 4.14.</b> Pola Struktur pada Crossline 4376 .....	68
<b>Gambar 4.15.</b> Pola Struktur pada Lintasan Seimik yang Melalui Sumur .....	68
<b>Gambar 4.16.</b> BM-1 <i>Time Structure Map</i> .....	69
<b>Gambar 4.17.</b> BM-2 <i>Time Structure Map</i> .....	69
<b>Gambar 4.18.</b> BM-3 <i>Time Structure Map</i> .....	70
<b>Gambar 4.19.</b> Diagram Alir Proses Velocity Model .....	71
<b>Gambar 4.20.</b> Model <i>Velocity</i> yang Digunakan Untuk Pembuatan <i>depth structure map</i> .....	71
<b>Gambar 4.21.</b> BM-1 <i>Depth Structure Map</i> .....	72
<b>Gambar 4.22.</b> BM-2 <i>Depth Structure Map</i> .....	72
<b>Gambar 4.23.</b> BM-3 <i>Depth Structure Map</i> .....	73
<b>Gambar 4.24.</b> <i>Attribute Reflection strength</i> BM-1 .....	74
<b>Gambar 4.25.</b> <i>Attribute Reflection strength</i> BM-2 .....	74
<b>Gambar 4.26.</b> <i>Attribute Reflection strength</i> BM-3 .....	75
<b>Gambar 4.27.</b> <i>Sensitivity analysis</i> .....	76
<b>Gambar 4.28.</b> Krosplot <i>Reflection Strength Vs Gr.</i> .....	77
<b>Gambar 4.29.</b> Krosplot <i>Reflection Strength Vs Porositas</i> .....	77
<b>Gambar 4.30.</b> Krosplot <i>Reflection Strength Vs RHOB</i> .....	78
<b>Gambar 4.31.</b> Pola <i>Fault</i> Lapangan BM .....	79
<b>Gambar 4.32.</b> Proses <i>Pillar Gridding</i> pada Lapangan “BM” .....	80
<b>Gambar 4.33.</b> Pembagian <i>Segment</i> Lapangan BM .....	81
<b>Gambar 4.34.</b> Peta-Peta Struktur Lapangan BM .....	82
<b>Gambar 4.35.</b> Parameter dan Hasil Layering .....	83
<b>Gambar 4.36.</b> Peta Kontak Fluida Lapangan BM .....	85
<b>Gambar 4.37.</b> Contoh Proses Scale Up Sumur BMP-188 pada Lapisan BM-1 Lapangan BM .....	86
<b>Gambar 4.38.</b> Hasil Scale Up Well Log dan Histogram Validasi Lapangan BM .....	87
<b>Gambar 4.39.</b> Data Analysis dan Variogram Model Fasies .....	88
<b>Gambar 4.40.</b> Data Analysis dan Variogram Model Vshale .....	89
<b>Gambar 4.41.</b> Data Analysis dan Variogram Model PHIE .....	90
<b>Gambar 4.42.</b> Proses Modeling Fasies .....	91
<b>Gambar 4.43.</b> Distribusi Fasies Lapisan BM-1, BM-2 dan BM-3 .....	92
<b>Gambar 4.44.</b> Proses Modeling Petrofisik .....	93
<b>Gambar 4.45.</b> Distribusi Vshale Lapisan BM-1, BM-2 dan BM-3 .....	94
<b>Gambar 4.46.</b> Distribusi PHIE Lapisan BM-1, BM-2 dan BM-3 .....	95
<b>Gambar 4.47.</b> Contoh perhitungan Permeabilitas Sumur BMP-127 .....	96
<b>Gambar 4.48.</b> Distribusi Permeabilitas Lapisan BM-1, BM-2 dan BM-3 .....	97
<b>Gambar 4.49.</b> Contoh perhitungan Permeabilitas Sumur BMP-127 .....	99
<b>Gambar 4.50.</b> Grafik Perhitungan Swc dari Permeabilitas .....	100

## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 4.51.</b> Model 3D Sw Lapangan BM .....	101
<b>Gambar 4.52.</b> Parameter Upscaling Model dan Histogram Validasi .....	103
<b>Gambar 4.53.</b> Sejarah Produksi Lapisan BM-1 .....	107
<b>Gambar 4.54.</b> Sejarah Produksi Lapisan BM-2.....	108
<b>Gambar 4.55.</b> Sejarah Produksi Lapisan BM-3.....	109
<b>Gambar 4.56.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Vshale Menggunakan Histogram Lapisan BM-1.....	110
<b>Gambar 4.57.</b> Peta Distribusi Vshale dan Hasil Sektorisasi Vshale Lapisan BM-1 .....	111
<b>Gambar 4.58.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Vshale Menggunakan Histogram Lapisan BM-2 .....	112
<b>Gambar 4.59.</b> Peta Distribusi Vshale dan Hasil Sektorisasi Vshale Lapisan BM-2 .....	113
<b>Gambar 4.60.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Vshale Menggunakan Histogram Lapisan BM-3.....	114
<b>Gambar 4.61.</b> Peta Distribusi Vshale dan Hasil Sektorisasi Vshale Lapisan BM-3 .....	115
<b>Gambar 4.62.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Porositas Menggunakan Histogram Lapisan BM-1.....	116
<b>Gambar 4.63.</b> Peta Distribusi Porositas dan Hasil Sektorisasi Porositas Lapisan BM-1 .....	117
<b>Gambar 4.64.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Porositas Menggunakan Histogram Lapisan BM-2 .....	118
<b>Gambar 4.65.</b> Peta Distribusi Porositas dan Hasil Sektorisasi Porositas Lapisan BM-2 .....	119
<b>Gambar 4.66.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Porositas Menggunakan Histogram Lapisan BM-3 .....	120
<b>Gambar 4.67.</b> Peta Distribusi Porositas dan Hasil Sektorisasi Porositas Lapisan BM-3 .....	121
<b>Gambar 4.68.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Permeabilitas Menggunakan Histogram Lapisan BM-1.....	122
<b>Gambar 4.69.</b> Peta Distribusi Permeabilitas dan Hasil Sektorisasi Permeabilitas Lapisan BM-1 .....	123
<b>Gambar 4.70.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Permeabilitas Menggunakan Histogram Lapisan BM-2.....	124
<b>Gambar 4.71.</b> Peta Distribusi Permeabilitas dan Hasil Sektorisasi Permeabilitas Lapisan BM-2.....	125
<b>Gambar 4.72.</b> Proses Penentuan Kategori Sektorisasi Permeabilitas Menggunakan Histogram Lapisan BM-3.....	126
<b>Gambar 4.73.</b> Peta Distribusi Permeabilitas dan Hasil Sektorisasi Permeabilitas Lapisan BM-3.....	127
<b>Gambar 4.74.</b> Hasil Overlay Analisa Sektorisasi Lapisan BM-1 .....	128

## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 4.75.</b> Hasil Overlay Analisa Sektorisasi Lapisan BM-2.....	129
<b>Gambar 4.76.</b> Hasil Overlay Analisa Sektorisasi Lapisan BM-3.....	129
<b>Gambar 4.77.</b> Peta Top Struktur, Peta Porositas, dan Peta Permeabilitas Lapisan BM-1 .....	132
<b>Gambar 4.78.</b> Pembagian Segment BM-1 .....	132
<b>Gambar 4.79.</b> Peta Top Struktur, Peta Porositas, dan Peta Permeabilitas Lapisan BM-2 .....	133
<b>Gambar 4.80.</b> Pembagian Segment BM-2.....	133
<b>Gambar 4.81.</b> Peta Top Struktur, Peta Porositas, dan Peta Permeabilitas Lapisan BM-3 .....	134
<b>Gambar 4.82.</b> Pembagian Segment BM-3.....	134
<b>Gambar 4.83.</b> Plot Sifat Fisik Minyak Lapisan BM-1 .....	135
<b>Gambar 4.84.</b> Plot Sifat Fisik Minyak Lapisan BM-2 .....	136
<b>Gambar 4.85.</b> Plot Pc vs Sw Lapisan BM-1 .....	137
<b>Gambar 4.86.</b> Kurva Permeabilitas Relatif Minyak-air dan Permeabilitas Relatif Minyak-Gas Hasil Korelasi Lapisan BM-1 ( <i>Stones Correlation</i> ) .....	137
<b>Gambar 4.87.</b> Plot Pc vs Sw Lapisan BM-2 .....	138
<b>Gambar 4.88.</b> Kurva Permeabilitas Relatif Minyak-air dan Permeabilitas Relatif Minyak-Gas Hasil Korelasi Lapisan BM-2 ( <i>Stones Correlation</i> ) .....	138
<b>Gambar 4.89.</b> Plot Pc vs Sw Lapisan BM-3 .....	139
<b>Gambar 4.90.</b> Kurva Permeabilitas Relatif Minyak-air dan Permeabilitas Relatif Minyak-Gas Hasil Korelasi Lapisan BM-3 ( <i>Stones Correlation</i> ) .....	139
<b>Gambar 4.91.</b> Kurva Tekanan Kapiler Setelah Proses Inisialisasi Lapisan BM-1 .....	120
<b>Gambar 4.92.</b> Kurva Tekanan Kapiler Setelah Proses Inisialisasi Lapisan BM-2 .....	141
<b>Gambar 4.93.</b> Kurva Tekanan Kapiler Setelah Proses Inisialisasi Lapisan BM-3 .....	141
<b>Gambar 4.94.</b> Peta Distribusi Saturasi Air, Peta Distribusi Saturasi Minyak, dan Peta Distribusi Tekanan (Kondisi Awal) Lapisan BM-1 ...	142
<b>Gambar 4.95.</b> Peta Distribusi Saturasi Air, Peta Distribusi Saturasi Minyak, dan Peta Distribusi Tekanan (Kondisi Awal) Lapisan BM-2 ...	143
<b>Gambar 4.96.</b> Peta Distribusi Saturasi Air, Peta Distribusi Saturasi Minyak, dan Peta Distribusi Tekanan (Kondisi Awal) Lapisan BM-3 ..	143
<b>Gambar 4.97.</b> Kurva Kro/Krw Setelah Proses History Matching Lapisan BM-1 .....	144
<b>Gambar 4.98.</b> Kurva Kro/Krw Setelah Proses History Matching Lapisan BM-2 .....	145
<b>Gambar 4.99.</b> Kurva Kro/Krw Setelah Proses History Matching Lapisan BM-3 .....	145



## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 4.100.</b> Peta Distribusi Saturasi Air, Peta Distribusi Saturasi Minyak, dan Peta Distribusi Tekanan (Kondisi akhir) Lapisan BM-1....	146
<b>Gambar 4.101.</b> Peta Distribusi Saturasi Air, Peta Distribusi Saturasi Minyak, dan Peta Distribusi Tekanan (Kondisi akhir) Lapisan BM-2 ...	146
<b>Gambar 4.102.</b> Peta Distribusi Saturasi Air, Peta Distribusi Saturasi Minyak, dan Peta Distribusi Tekanan (Kondisi akhir) Lapisan BM-3....	147
<b>Gambar 4.103.</b> Hasil Penyelarasan Laju Produksi Minyak, Air, dan Liquid Lapisan BM-1 .....	148
<b>Gambar 4.104.</b> Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Minyak, Air, dan Liquid Lapisan BM-1 .....	148
<b>Gambar 4.105.</b> Hasil Penyelarasan Tekanan (Psi) Pada Lapisan BM-1 .....	149
<b>Gambar 4.106.</b> Hasil Penyelarasan Laju Produksi Minyak, Air, dan Liquid Lapisan BM-2 .....	149
<b>Gambar 4. 107.</b> Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Minyak, Air, dan Liquid Lapisan BM-2.....	150
<b>Gambar 4. 108.</b> Hasil Penyelarasan Tekanan (Psi) Pada Lapisan BM-2 .....	150
<b>Gambar 4. 109.</b> Hasil Penyelarasan Laju Produksi Minyak, Air, dan Liquid Lapisan BM-3 .....	151
<b>Gambar 4.110.</b> Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Minyak, Air, dan Liquid Lapisan BM-3 .....	151
<b>Gambar 4.111.</b> Hasil Penyelarasan Tekanan (Psi) Pada Lapisan BM-3 .....	152
<b>Gambar 4.112.</b> Lokasi Sumur-Sumur pada Skenario I (Basecase) .....	154
<b>Gambar 4.113.</b> Lokasi Sumur-Sumur pada Skenario II (Workover dan Infill Produksi) .....	154
<b>Gambar 4.114.</b> Lokasi Sumur-Sumur pada Skenario III (Waterflood - Peripheral) .....	155
<b>Gambar 4.115.</b> Lokasi Sumur-Sumur pada Skenario IV (Waterflood - Five Spot) .....	155
<b>Gambar 4.116.</b> Forecast Laju Produksi, Kumulatif Produksi, dan Tekanan Lapisan BM-1 .....	156
<b>Gambar 4.117.</b> Forecast Laju Produksi, Kumulatif Produksi, dan Tekanan Lapisan BM-2 .....	157
<b>Gambar 4.118.</b> Forecast Laju Produksi, Kumulatif Produksi, dan Tekanan Lapisan BM-3 .....	158
<b>Gambar 4.119.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Workover dan Infill Skenario II Lapisan BM-1 .....	160
<b>Gambar 4.120.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario III Lapisan BM-1 .....	162
<b>Gambar 4.121.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario IV Lapisan BM-1 .....	164

## DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 4.122.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario II Lapisan BM-2 .....	166
<b>Gambar 4.123.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario III Lapisan BM-2 .....	168
<b>Gambar 4.124.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario IV Lapisan BM-2 .....	170
<b>Gambar 4.125.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario II Lapisan BM-3 .....	172
<b>Gambar 4.126.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario III Lapisan BM-3 .....	174
<b>Gambar 4.127.</b> Justifikasi Penentuan Sumur Injeksi Skenario IV Lapisan BM-3 .....	176

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel II-1.</b> Stratigrafi Regional Jawa Barat Bagian Utara ( <i>Pertamina</i> , 2002) .....	19
<b>Tabel IV-1.</b> Daftar Sumur yang Dilakukan Analisa Petrofisik .....	56
<b>Tabel IV-2.</b> Tabulasi Data Log Lapangan BM .....	57
<b>Tabel IV-3.</b> Tabulasi Hasil Analisa Petrofisika .....	63
<b>Tabel IV-4.</b> Kontak Fluida Lapangan BM .....	84
<b>Tabel IV-5.</b> Tabulasi Hasil Analisa Variogram Fasies .....	88
<b>Tabel IV-6.</b> Tabulasi Hasil Analisa Variogram Vshale .....	89
<b>Tabel IV-7.</b> Tabulasi Hasil Analisa Variogram PHIE .....	90
<b>Tabel IV-8.</b> Hasil Perhitungan IGIP dan OOIP Lapangan BM .....	102
<b>Tabel IV-9.</b> Hasil Perhitungan OOIP Lapangan BM Coarse Model .....	104
<b>Tabel IV-10.</b> Perbandingan Hasil Fine Model dengan Coarse Model .....	104
<b>Tabel IV-11.</b> Status Sumur Lapisan BM-1 per Januari 2013 .....	105
<b>Tabel IV-12.</b> Status Sumur Lapisan BM-2 per Januari 2013 .....	105
<b>Tabel IV-13.</b> Status Sumur Lapisan BM-3 per Januari 2013 .....	105
<b>Tabel IV-14.</b> Validasi Sektorisasi Vshale dengan Data Produksi Lapisan BM-2 .....	111
<b>Tabel IV-15.</b> Validasi Sektorisasi Vshale dengan Data Produksi Lapisan BM-2 .....	113
<b>Tabel IV-16.</b> Validasi Sektorisasi Vshale dengan Data Produksi Lapisan BM-3 .....	115
<b>Tabel IV-17.</b> Validasi Sektorisasi Porositas dengan Data Produksi Lapisan BM-1 .....	117
<b>Tabel IV-18.</b> Validasi Sektorisasi Porositas dengan Data Produksi Lapisan BM-2 .....	119
<b>Tabel IV-19.</b> Validasi Sektorisasi Porositas dengan Data Produksi Lapisan BM-3 .....	121
<b>Tabel IV-20.</b> Validasi Sektorisasi Permeabilitas dengan Data Produksi Lapisan BM-1 .....	124
<b>Tabel IV-21.</b> Validasi Sektorisasi Permeabilitas dengan Data Produksi Lapisan BM-2 .....	126
<b>Tabel IV-22.</b> Validasi Sektorisasi Permeabilitas dengan Data Produksi Lapisan BM-3 .....	127
<b>Tabel IV-23.</b> Karakteristik Pemodelan Reservoir Lapangan BM .....	131
<b>Tabel IV-24.</b> Data End Point Untuk Perhitungan Oil-Water-Gas sistem Lapisan BM-1 ( <i>Stones Correlation</i> ) .....	137
<b>Tabel IV-25.</b> Data End Point Untuk Perhitungan Oil-Water-Gas sistem Lapisan BM-2 ( <i>Stones Correlation</i> ) .....	138
<b>Tabel IV-26.</b> Data End Point Untuk Perhitungan Oil-Water-Gas sistem Lapisan BM-3 ( <i>Stones Correlation</i> ) .....	139
<b>Tabel IV-27.</b> Hasil Inialisasi OOIP Volumetrik dan Simulasi .....	142
<b>Tabel IV-28.</b> Ringkasan Hasil Prediksi Lapisan BM-1 .....	156

## DAFTAR TABEL (Lanjutan)

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel IV-29.</b> Ringkasan Hasil Prediksi Lapisan BM-2 .....	157
<b>Tabel IV-30.</b> Ringkasan Hasil Prediksi Lapisan BM-3 .....	158
<b>Tabel IV-31.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario II Lapisan BM-1 .....	161
<b>Tabel IV-32.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario III Lapisan BM-1 .....	163
<b>Tabel IV-33.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario IV Lapisan BM-1 .....	165
<b>Tabel IV-34.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario II Lapisan BM-2 .....	167
<b>Tabel IV-35.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario III Lapisan BM-2 .....	169
<b>Tabel IV-36.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario IV Lapisan BM-2 .....	171
<b>Tabel IV-37.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario II Lapisan BM-3 .....	173
<b>Tabel IV-38.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario III Lapisan BM-3 .....	175
<b>Tabel IV-39.</b> Laju Produksi Sumuran Skenario IV Lapisan BM-3 .....	177

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran A** (Struktur dan Sedimentasi Geologi Lapangan “BM”)

**Lampiran B** (Analisa Seismik Lapangan “BM”)

**Lampiran C** (Geomodeling “BM”)

**Lampiran D** (Analisa Reservoir)