

— B.G.



**TEKNIK
RESERVOIR**
Teori dan Aplikasi

TEKNIK RESERVOIR: TEORI DAN APLIKASI

Daftar Rukmans
(BPMIGAS)

Dedy Kristanto
V. Dedi Cahyo Aji
(UPN "Veteran" Yogyakarta)

©PENERBIT POHON CAHAYA
Jl. Tirodipuran 8 Yogyakarta 55142
Telp / Fax: (0274) 379100
E-mail: pohon.cahaya@gmail.com
Website: www.pohoncahaya.com

Cetakan ke-1, Januari 2012

Penerbitan Nasional RI ISBN
Katalog Dalam Jilid (KDJ)

Teknik Reservoir
Teori dan Aplikasi

Yogyakarta: Pohon Cahaya, 2011
XXII+824 hlm. : 17x24 cm

Kerjasama

Badan Pelaksana Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi (BPMIGAS)
dengan
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Ditang mengup dan mpublikasikan, sebagai unta
sebagai dan seintunet buku tanga lain dan Penelitian
Ditang mengup dan mpublikasikan, sebagai unta
sebagai dan seintunet buku tanga lain dan Penelitian
Ditang mengup dan mpublikasikan, sebagai unta
sebagai dan seintunet buku tanga lain dan Penelitian

TEKNIK RESERVOIR: TEORI DAN APLIKASI

Dadang Rukmana
(*BPMIGAS*)

Dedy Kristanto
V. Dedi Cahyoko Aji
(*UPN "Veteran" Yogyakarta*)

©**PENERBIT POHON CAHAYA**
Jl. Tirtodipuran 8 Yogyakarta 55142
Telp./ Fax.: (0274) 379109
E-mail: pohon.cahaya@ymail.com
Website: www.pohoncahaya.com

Cetakan ke-1 : Januari 2012

Perpustakaan Nasional RI: ISBN/
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Teknik Reservoir:
Teori dan Aplikasi
Yogyakarta: Pohon Cahaya, 2011.
xxviii+624 hlm.; 17×24 cm
ISBN: 978-602-9485-05-9

Hak cipta dilindungi Undang-Undang.
Dilarang mengutip dan mempublikasikan
sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin dari Penerbit

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa sehingga buku ini dapat terselesaikan. Buku ini disusun dengan tujuan untuk dapat membantu mahasiswa dan atau para pembaca meningkatkan kemampuan di dalam mempelajari dan memahami tentang materi atau aspek-aspek Teknik Reservoir beserta aplikasinya dan atau kalangan dunia industri perminyakan yang memerlukan buku panduan khususnya tentang Teknik Reservoir Minyak dan Gas Bumi disamping sebagai tambahan wacana dari literatur yang sudah ada.

Hal-hal yang disampaikan dalam buku ini juga merupakan dasar-dasar serta aplikasi tentang Teknik Reservoir, ditulis dengan bahasa yang sederhana dan istilah-istilah yang baku atau umum dengan harapan memudahkan untuk dapat dipelajari, dimengerti dan dipahami serta diaplikasikan di lapangan. Apabila pembaca mempunyai pendapat dan pandangan lain serta saran dan kritik yang sifatnya membangun tentang cakupan materi atau suatu istilah guna lebih menyempurnakan penyusunan buku ini selanjutnya, mohon disampaikan kepada penyusun di alamat :

Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta - 55283
Telp/Fax. 0274-487815

Ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang setinggi-tingginya penyusun sampaikan kepada semua pihak yang telah banyak membantu sehingga penyusunan buku ini dapat diselesaikan. Semoga buku ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembacanya serta dapat turut serta memberikan kontribusi dalam upaya pengembangan sumberdaya manusia untuk kemajuan industri minyak dan gas bumi di Indonesia. Semogal!

"Kasih mengindahkan orang lain dan mendatangkan damai sejahtera"

Yogyakarta, Desember 2011

Dadang Rukmana
Dedy Kristanto
V. Dedi Cahyoko Aji

SAMBUTAN

KEPALA BADAN PELAKSANA KEGIATAN USAHA HULU MINYAK DAN GAS BUMI



Pengusahaan minyak dan gas bumi (migas) merupakan upaya yang syarat teknologi, resiko tinggi dan diperlukan modal atau investasi yang tidak sedikit, sehingga guna mendapatkan hasil yang optimal maka diperlukan pertimbangan kondisi operasional dan keekonomian secara terintegrasi. Seperti diketahui meningkatnya kebutuhan masyarakat akan pasokan energi khususnya bahan bakar minyak, menjadi tantangan untuk mengoptimalkan produksi sumur melalui pengelolaan cadangan secara efektif dan efisien. Tantangan ini memerlukan kajian dan evaluasi yang berkesinambungan dalam menguras reservoir secara optimal. Selain itu harga minyak dunia yang fluktuatif menyebabkan perusahaan minyak menjadi berfikir keras bagaimana menguras minyak sisa dengan cara yang cukup efektif dan efisien.

Oleh karena itu diperlukan kajian dan analisa yang lebih komprehensif terhadap pengelolaan lapangan dalam upaya untuk perencanaan strategi pengembangan lapangan secara terintegrasi di masa mendatang, salah satunya berkaitan dengan pemahaman tentang Teknik Reservoir.

Sebagai pribadi dan selaku Kepala BPMIGAS, saya menyambut baik dengan penyusunan buku ini dan akan sangat mendukung untuk dapat lebih ditumbuh kembangkan lagi di masa-masa yang akan datang tidak hanya oleh kalangan akademisi tetapi juga oleh kalangan praktisi dalam negeri Indonesia, sehingga akan lebih menambah khasanah bacaan untuk lebih menambah pemahaman yang komprehensif tentang dunia industri migas di Indonesia. Karena saya berpendapat bahwa pengembangan sumberdaya manusia Indonesia khususnya generasi muda Indonesia dibidang pengetahuan migas adalah sangat penting dalam meneruskan estafet pengelolaan sumberdaya mineral Indonesia di masa-masa yang akan datang demi terciptanya kesejahteraan dan kemakmuran bangsa Indonesia secara menyeluruh seperti diamanatkan dalam Pembukaan UUD 45. Oleh karena itu hubungan kerjasama yang sinergi antara BPMIGAS selaku regulator, institusi pendidikan selaku pencetak sumberdaya manusia yang handal dan industri migas selaku pemakai sumberdaya manusia tersebut perlu lebih ditingkatkan dan didukung lagi untuk menciptakan "*sustainable link and match in the future*". Selain itu saya juga melihat bahwa dalam buku ini dirancang tidak hanya untuk keperluan mahasiswa semata tetapi juga dapat dimanfaatkan oleh kalangan praktisi sebagai salah satu buku panduan di lapangan. Hal lain yang juga penting untuk saya sampaikan disini adalah adanya contoh-contoh kasus yang diberikan oleh penyusun dalam lampiran, semakin menambah nilai dan bobot dari buku ini, karena mencakup aspek-aspek dasar tentang Teknik Reservoir beserta aplikasinya di lapangan.

Akhirnya, semoga keberadaan buku ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya ditengah langkanya buku-buku tentang dunia teknik perminyakan yang berbahasa Indonesia serta dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sumberdaya manusia dalam upaya untuk turut serta memajukan industri migas di Indonesia yang menjadi tanggung jawab kita semua sebagai anak bangsa dari Republik Indonesia yang kita cintai ini.

Jakarta, Desember 2011
Kepala BPMIGAS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Priyono', written in a cursive style.

Ir. R. Priyono



SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA



Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta (UPN "Veteran" Yogyakarta), merupakan salah satu Perguruan Tinggi di Indonesia yang memiliki Program Studi Jurusan Teknik Perminyakan. Dengan sesanti "*Widya Mwat Yasa*", UPN "Veteran" Yogyakarta mempunyai kewajiban dan tanggung jawab secara moral untuk senantiasa mempersiapkan dan mencetak sumberdaya manusia yang berkompeten di bidang Teknik Perminyakan sehingga nantinya siap untuk berkarya di industri migas yang dikenal dengan industri "*high technology, high risk and high cost*" tersebut. Sebagai Rektor dan pribadi, saya menyambut baik dengan terbitnya buku ini yang merupakan hasil kerjasama antara dua instistusi yang berbeda, yaitu BPMIGAS selaku regulator dari pelaksanaan industri hulu migas di Indonesia dan UPN "Veteran" Yogyakarta selaku perguruan tinggi. Ini juga menunjukkan satu bukti nyata dari hubungan kerjasama yang sinergi dan saling melengkapi diantara ke dua institusi tersebut. Selain itu, diterbitkannya buku ini merupakan satu ujud nyata dari pelaksanaan *Tri Dharma Perguruan Tinggi*, khususnya dalam bidang pendidikan dan pengabdian kepada masyarakat.

Saya mengharapkan, dengan diterbitkannya buku ini akan mengilhami dan menginspirasi kita untuk senantiasa bersinergi dan meningkatkan kreatifitas tidak hanya dikalangan akademisi namun juga praktisi untuk senantiasa terus meningkatkan pengabdian kepada nusa dan bangsa yang kita cintai ini melalui tempat berkarya kita masing-masing, kita harus bangga membela bangsa ini dengan karya dan prestasi. Saya juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada penyusun yang berasal dari lintas institusi. Semoga dengan adanya buku yang berjudul "*Teknik Reservoir: Teori dan Aplikasi*" ini selain dapat menambah referensi dari buku-buku serupa yang sudah ada, juga dapat memberikan manfaat yang seluas-luasnya tidak hanya bagi mahasiswa tetapi juga bagi kalangan praktisi di industri migas.

Kiranya Allah SWT senantiasa berkenan memberikan petunjuk, bimbingan dan hidayah-Nya kepada kita semua untuk dapat melanjutkan perjalanan sejarah dalam berjuang mengisi kemerdekaan negeri ini melalui pendidikan dan karya kita masing-masing.

Yogyakarta, Desember 2011
Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta

Prof. Dr. H. Didit Welly Udjiyanto, MS

SAMBUTAN DARI PARA PRAKTIISI



"Reservoir Engineering is a base of Petroleum Engineering".

Buku ini berisi tentang Teknik Reservoir secara teori dan praktikal berdasarkan pengalaman dalam evaluasi dan penerapan pada kondisi sesungguhnya di batuan reservoir wilayah Kerja Kontraktor Kontrak Kerjasama (KKKS) di Indonesia.

Excellent.....

Gunawan Sutadiwiria



Pengembangan sumberdaya manusia yang berkompeten di bidang Teknik Perminyakan untuk siap berkarya di industri minyak dan gas bumi sangatlah penting terus ditingkatkan secara berkelanjutan, terutama pemahaman tentang masalah kebumihan yang berkaitan dengan industri perminyakan. Hal tersebut sangatlah erat hubungannya dengan sumberdaya mineral khususnya hidrokarbon yang menjadi target utama dalam pencarian minyak dan gas bumi. Selain pemahaman tentang masalah geologi dan geofisika, pemahaman akan reservoir sebagai tempat terakumulasinya hidrokarbon di dalam perut bumi mutlak diperlukan sebagai salah satu kompetensi dari para pelaksana kegiatan industri migas di lapangan agar dapat menjawab tantangan dalam hal eksplorasi dan eksploitasi migas guna pemenuhan kebutuhan akan sumberdaya energi yang semakin meningkat di masa-masa mendatang.

Dalam upaya turut serta mempersiapkan dan meningkatkan kemampuan sumberdaya manusia yang berkompeten di bidang Teknik Perminyakan di Indonesia, BPMIGAS mempunyai kewajiban dan tanggung jawab secara moral untuk berkontribusi merealisasikan hal tersebut, salah satu wujud nyata dari kesungguhan BPMIGAS tersebut adalah melalui penerbitan buku *Teknik Reservoir: Teori dan Aplikasi* ini.

Saya sangat mendukung dan turut memprakarsai penerbitan buku ini, sehingga diharapkan akan lebih menambah khasanah bacaan dan menambah pemahaman yang komprehensif bagi kalangan praktisi maupun akademisi untuk bersama-sama memajukan industri migas di Indonesia yang menjadi tanggung jawab kita semua sebagai anak bangsa negeri ini.

Buku adalah salah satu pintu gerbang untuk dapat mempelajari, mengerti dan memahami ilmu pengetahuan dan teknologi yang senantiasa terus berkembang, untuk selanjutnya diimplementasikan agar dapat memberikan kemaslahatan bagi masyarakat dan bangsa. Semoga.

Bambang H. Soewandi



Didasarkan pada latar belakang historis, menurut pandangan saya penerbitan buku ini sangatlah tepat baik ditilik dari sisi substansi maupun momentumnya.

Komitmen dan integritas, dedikasi dan loyalitas serta disiplin dan kerja keras dari segenap Kontraktor Kontrak Kerjasama (KKKS) di Indonesia untuk mencapai raihan prestasi dan keunggulan kualitas sumberdaya manusia dalam bersaing dan menyongsong masa depan dunia industri migas di Indonesia yang lebih baik sangatlah penting untuk selalu ditingkatkan. Perubahan kondisi tersebut sungguh akan sangat berpengaruh luas dalam implementasinya di lapangan. Untuk itu saya sangat berharap guna menghadapi tantangan di masa depan, maka sudah menjadi keharusan bagi segenap Kontraktor Kontrak Kerjasama (KKKS) di Indonesia senantiasa meningkatkan pengabdianya dan bergegas bangkit bersatu mengemban amanat untuk meningkatkan kualitas sumberdaya manusia di lingkungannya masing-masing.

Selamat dan Sukses.

Anditya Maulana T.I



Sebagaimana kita ketahui bahwa penyediaan sumberdaya manusia berkualitas di Indonesia, khususnya di industri migas, merupakan suatu tantangan yang sedang kita hadapi bersama, selain masalah pemahaman akan penguasaan ilmu dan teknologi migas yang berkembang sangat pesat dan daya saing serta penguatan kompetensi melalui basis pendidikan.

Sehubungan dengan kontribusinya untuk turut memberi arti, sekaligus mewarnai dunia pendidikan khususnya di industri migas, saya sangat menyambut baik diterbitkannya buku ini, agar dapat lebih dipahami oleh masyarakat industri migas Indonesia, serta turut memberikan dorongan bagi lahirnya prakarsa-prakarsa lain di bidang pendidikan untuk lebih mendukung berkembangnya industri migas di Indonesia khususnya dalam usaha peningkatn produksi minyak dan gas yang sangat dibutuhkan. Sungguh merupakan suatu investasi yang berharga, apabila buku ini dapat sampai kepada pembaca untuk dapat dipahami isinya serta diterapkan dalam karya yang nyata di tempat kerja masing-masing.

Semoga bermanfaat bagi kita semua.

Ir. Haposan Napitupulu, M.Sc, Ph.D

DAFTAR ISI

Bab I : Karakteristik dan Mineral Batuan Reservoir	
1.1. Petrologi	2
1.2. Batuan Beku	2
1.2.1. Komposisi Mineral Batuan Beku	3
1.2.2. Sifat Fisik Batuan Beku	2
1.2.2.1. Tekstur Batuan Beku	3
1.2.2.2. Struktur Batuan Beku	5
1.2.3. Klasifikasi Batuan Beku	5
1.2.4. Hubungan Antara Batuan Beku Dengan Reservoir	6
1.3. Batuan Sedimen	7
1.3.1. Komposisi Mineral Batuan Sedimen	7
1.3.1.1. Batuan Sedimen Klastik	7
1.3.1.2. Batuan Sedimen Non Klastik	7
1.3.2. Sifat Fisik Batuan Sedimen	7
1.3.2.1. Tekstur Batuan Sedimen	7
1.3.2.2. Struktur Batuan Sedimen	8
1.3.2.2.1. Struktur Batuan Sedimen Klastik	9
1.3.2.2.2. Struktur batuan Sedimen Non Klastik	10
1.3.3. Hubungan Antara Batuan Sedimen Dengan Reservoir	10
1.4. Batuan Metamorf	11
1.4.1. Komposisi Mineral Batuan Metamorf	11
1.4.2. Tekstur Batuan Metamorf	11
1.4.3. Struktur Batuan Metamorf	12
1.4.4. Klasifikasi Batuan Metamorf	13
1.4.5. Hubungan Antara Batuan Metamorf Dengan Reservoir	13
1.5 Stratigrafi	13
1.5.1. Prinsip-Prinsip Stratigrafi	13
1.5.2. Korelasi Stratigrafi	15
1.5.3. Korelasi Lithostratigrafi	15
1.5.4. Korelasi Biostratigrafi	16
1.6. Struktur Geologi	16
1.6.1. Kekar / Rekahan (<i>Joints</i>)	17
1.6.2. Sesar (<i>Fault</i>)	17
1.6.3. Lipatan (<i>Folds</i>)	18
1.7. Reservoir	18
1.7.1. Batuan Reservoir	19
1.7.1.1. Komposisi Kimia Batuan Reservoir	20
1.7.1.2. Batupasir	20
1.7.1.2.1. Tekstur Batupasir	20
1.7.1.2.2. Struktur Batupasir	21
1.7.2. Batuan Karbonat	26
1.7.2.1. Tekstur Dan Struktur Batuan Karbonat	26
1.7.2.1.1. Limestone	27
1.7.2.1.2. Dolomite	28
1.7.3. Batuan Shale	32
1.7.3.1. Tekstur dan Struktur Batuan Shale	32
1.7.3.2. Klasifikasi Batuan Shale	35
1.7.3.3. Analisis Kimiawi Mineral Clay	37
Bab II : Heterogenitas Reservoir	
2.1. Karakteristik Batuan Reservoir	40
2.2. Heterogenitas Reservoir	41

2.2.1. Pengertian Heterogenitas Reservoir.....	41
2.2.2. Penyebab Heterogenitas Reservoir.....	42
2.2.2.1. Lingkungan Pengendapan.....	42
2.2.2.2. Sedimentasi.....	42
2.3. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Heterogenitas Reservoir.....	43
2.3.1. Sedimentasi Tektonik Regional	43
2.3.2. Komposisi Dan Tekstur.....	43
2.3.3. Geometri Pori-Pori	44
2.4. Tipe-Tipe Heterogenitas Reservoir	45
2.4.1. Tipe Heterogenitas Vertikal Reservoir	45
2.4.2. Tipe Heterogenitas Horizontal	49

Bab III : Jenis-Jenis Reservoir

3.1. Berdasarkan Perangkat Reservoir.....	56
3.1.1. Perangkat Struktur.....	56
3.1.2. Perangkat Stratigrafi.....	57
3.1.3. Perangkat Kombinasi.....	60
3.2. Berdasarkan Fasa Fluida Hidrokarbon	61
3.2.1. Reservoir Minyak	62
3.2.1.1. Reservoir Minyak Jenuh	62
3.2.1.2. Reservoir Minyak Tak Jenuh	63
3.2.2. Reservoir Gas Kondensat.....	64
3.2.3. Reservoir Gas	65
3.2.3.1. Reservoir Gas Kering	65
3.2.3.2. Reservoir Gas Basah	66
3.3. Berdasarkan Mekanisme Pendorong.....	66
3.3.1. Water Drive Reservoir	67
3.3.2. Gas Cap Drive Reservoir.....	68
3.3.3. Solution Gas Drive Reservoir	70
3.3.4. Segregation Drive Reservoir.....	72
3.3.5. Combination Drive Reservoir.....	74

Bab IV : Batuan Reservoir

4.1. Porositas	78
4.2. Derajat Kebasahan (<i>Wettabilitas</i>)	81
4.3. Tekanan Kapiler	85
4.4. Permeabilitas	89
4.4.1. Klinkenberg Effect	91
4.4.2. Perata-rataan Permeabilitas	91
4.4.2.1. Weight Average Permeability	91
4.4.2.2. Harmonic Permeability	93
4.4.2.3. Geometric Average Permeability	95
4.4.3. Permeabilitas Efektif dan Relatif.....	95
4.4.4. Efek Tekanan <i>Overburden</i> pada Porositas dan Permeabilitas	97
4.4.5. Hubungan antara Porositas dan Permeabilitas	97
4.4.5.1. Konvensional Klasik	102
4.4.5.2. Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network)	103
4.4.5.3. Hydraulic Flow Unit (HFU)	108
4.5. Saturasi Fluida	110
4.5.1. Hubungan Saturasi Fluida dengan Tekanan Kapiler	113
4.5.2. Analisa Zone Transisi	114
4.6. Kompresibilitas	115

Bab V : Fluida Reservoir	
5.1. Komposisi Kimia Fluida Reservoir	120
5.1.1 Komposisi Kimia Hidrokarbon	120
5.1.1.1. Golongan Parafin (Asiklik)	120
5.1.1.1.1. Hidrokarbon Jenuh	120
5.1.1.1.2. Hidrokarbon Tak Jenuh	121
5.1.1.1.3. Golongan Siklik	123
5.1.1.1.3.1. Golongan Naftena	123
5.1.1.1.3.2. Golongan Aromatik	123
5.1.1.2. Komposisi Kimia Non-Hidrokarbon	124
5.2. Sifat Fisik Fluida Reservoir	126
5.2.1. Sifat Fisik Minyak	126
5.2.1.1. Densitas Minyak	126
5.2.1.2. Faktor Volume Formasi Minyak	127
5.2.1.3. Kelarutan Gas dalam Minyak	133
5.2.1.4. Kompresibilitas Minyak	135
5.2.1.5. Viskositas Minyak	136
5.2.2. Sifat Fisik Gas	140
5.2.2.1. Densitas Gas	140
5.2.2.2. Faktor Volume Formasi Gas	141
5.2.2.3. Kompresibilitas Gas	141
5.2.2.4. Faktor Kompresibilitas Gas	142
5.2.2.5. Viskositas Gas	150
5.2.2.6. Kelarutan Gas	153
5.2.3. Sifat Fisik Air Formasi	155
5.2.3.1. Densitas Air Formasi	156
5.2.3.2. Faktor Volume Formasi Air Formasi	157
5.2.3.3. Kelarutan Gas dalam Air Formasi	159
5.2.3.4. Kompresibilitas Air Formasi	161
5.2.3.5. Viskositas Air Formasi	163
Bab VI : Kondisi Reservoir	
6.1. Tekanan	166
6.1.1. Tekanan Hidrostatik	166
6.1.2. Tekanan <i>Overburden</i>	166
6.1.3. Tekanan Formasi	168
6.1.3.1. Tekanan Formasi Abnormal	168
6.1.3.2. Tekanan Formasi Normal	169
6.1.3.3. Tekanan Formasi Subnormal	169
6.1.4. Tekanan Rekah Formasi	169
6.2. Temperatur Formasi (Reservoir)	170
Bab VII : Well Test	
7.1. Drill Stem Test	172
7.2. Pressure Test	173
7.2.1. Pressure Build-Up Test	174
7.2.2. Pressure Draw-down Test	179
7.3. Flow Test	182
7.3.1. Multiple Rate Flow Test	183
7.3.2. Two Rate Flow Test	184
7.4. Metode Uji Sumur Gas	186
7.4.1. Back Pressure Test	188
7.4.1.1. Analisa Konvensional pada Back Pressure	189
7.4.1.2. Analisa LIT pada Back Pressure	191
7.4.1.2.1. Persamaan Dasar Laminer Inertia Turbulen (LIT)	192

7.4.1.2.2. Penentuan a_t , a dan b Pada Pendekatan P^2	192
7.4.1.2.3. Penentuan Deliverabilitas, AOF dan AOFD	194
7.4.1.3. Isochronal Test.....	196
7.4.1.3.1. Analisa Konvensional pada Isochronal	197
7.4.1.3.2. Analisa LIT pada Isochronal.....	199
7.4.1.3.2.1. Persamaan Dasar Laminer Inertia Turbulen (LIT)	199
7.4.1.3.2.2. Penentuan a_t , a dan b Pada Pendekatan P^2	199
7.4.1.3.2.3. Penentuan Deliverabilitas, AOF dan AOFD	200
7.4.2. Modified Isochronal	201
7.4.2.1. Analisa Konvensional pada Modified Isochronal	202
7.4.2.2. Analisa LIT pada Modified Isochronal	203
7.4.2.2.1. Persamaan Dasar Laminer Inertia Turbulen (LIT).....	203
7.4.2.2.2. Penentuan a_t , a dan b Pada Pendekatan P^2	204
7.4.2.2.3. Penentuan Deliverabilitas, AOF dan AOFD	205
7.5. Analisa Pressure Derivative.....	206
7.5.1. Dasar Teori Pressure Derivative.....	206
7.5.2. Analisa Derivative	208
7.5.3. Derivative Plot	210
7.5.3.1. Plot-plot Derivative Untuk Buildup Test.....	214
7.5.3.2. Perkiraan Parameter Dual Porosity Pada Plot Derivative	216
7.6. Well Test Pada Reservoir Rekah Alami	216
7.6.1. Metode Warren-Root (<i>Pseudo Steady-State</i>).....	216
7.6.2. Metode Streltsova (<i>Gradient Flow Model</i>)	218
7.6.3. Metode Bourdet (<i>Derivative Pressure Type Curve</i>).....	220

Bab VIII : Metode Perhitungan dan Perkiraan Potensi Cadangan Reservoir

8.1. Pengertian Cadangan	224
8.2. Metode Perhitungan Cadangan	226
8.2.1. Metode Volumetris.....	226
8.2.1.1. Penentuan Volume Bulk	226
8.2.1.2. Perhitungan Original Oil in Place	232
8.2.1.3. Perhitungan Original Gas In Place	232
8.2.1.4. <i>Ultimate Recovery</i> (UR).....	233
8.3. Metode Simulasi Monte Carlo	234
8.3.1. Perhitungan Cadangan Minyak Bumi	234
8.3.1.1. Distribusi Segiempat	235
8.3.1.2. Distribusi Segitiga.....	235
8.3.2. Langkah-Langkah Perhitungan Analisa Resiko	236
8.3.2.1. Penilaian Resiko.....	236
8.3.2.2. Five Step Evaluation Procedure	237
8.3.3. Metode Perhitungan Cadangan.....	237
8.3.4. Analisis Resiko Geologi Tahap Awal	239
8.3.5. Penilaian Resiko	240
8.3.6. Analisis Expected Value	240
8.3.7. Perkiraan Cadangan Minyak	241
8.3.8. Kaidah Swanson (Swanson's Rule).....	243
8.3.9. Perkiraan Keyakinan.....	243
8.3.10. Definisi Mengenai Keberhasilan Penemuan	244
8.3.11. Profil Resiko	245
8.4. Metode Material Balance	245
8.4.1. Untuk Depletion Drive Reservoir	247
8.4.2. Untuk Gas Cap Drive Reservoir	248
8.4.3. Untuk Water Drive Reservoir	248
8.4.4. Untuk Combination Drive Reservoir	248
8.4.5. Metode Havlena Odeh.....	249

8.5. Metode Decline Curve	252
8.5.1. Exponential Decline Curve	255
8.5.2. Hyperbolic Decline Curve	259
8.5.3. Harmonic Decline Curve	261
8.5.4. Penentuan Type Decline	261
8.5.4.1. Metode Loss-Ratio	261
8.5.4.2. Metode Trial Error and X^2 Chisquare-Test	262
8.5.5. Metode Fetkovich	263
8.6. Klasifikasi Cadangan	265
8.6.1. Lahee's Classification	266
8.6.2. Klasifikasi McKelvey	266
8.6.3. Petroleum Society of the Canadian Institute Mining, 1994	268
8.6.4. SPE-WEC	269
8.6.5. U.S Securities and Exchange Commission (U.S. SEC)	271
8.6.6. J.J. Arps	272

Bab IX : Perkiraan Produktivitas Reservoir

9.1. Perkiraan Produktivitas Formasi	276
9.1.1. Aliran Fluida Dalam Media Berpori	276
9.1.2. Produktivity Index	277
9.1.3. Inflow Performance Relationship (IPR)	278
9.1.3.1. <i>Flow Efficiency</i> (FE)	279
9.1.3.2. Laju Produksi	280
9.2. Perilaku Reservoir	280
9.2.1. Jenis Perilaku Reservoir	281
9.2.2. Pembuatan Kurva Perilaku Reservoir	281

Bab X : Analisa Produksi

10.1. Laju Produksi	284
10.1.1. Faktor Yang Mempengaruhi Laju Produksi	284
10.1.2. Laju Produksi Optimum	287
10.2. Water Coning	287
10.2.1. Mekanisme Terjadinya <i>Water Coning</i>	291
10.2.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Water Coning	292
10.2.3. Penyebab Terjadinya <i>Water Coning</i>	293
10.2.3.1. Cara Memproduksi Sumur	293
10.2.3.2. Karakteristik Reservoir	293
10.2.3.3. Problem Mekanis	295
10.2.4. Pencegahan <i>Water Coning</i>	295
10.2.5. Penanggulangan Water Coning	295
10.2.5.1. Pengurangan Laju Produksi	296
10.2.5.2. Penambahan Sumur Infill	296
10.2.5.3. Peningkatan Produktivitas Sumur	297
10.2.5.4. Rekompleksi Sumur	297
10.2.5.5. Penutupan Sementara Pada Sumur	297
10.2.5.6. Injeksi Minyak	298
10.2.5.7. Pembuatan <i>Artificial Barrier</i>	298
10.2.6. Penentuan Laju Produksi Kritis Bebas <i>Water Coning</i>	300
10.2.6.1. Metode Meyer, Gardner dan Pirson	300
10.2.6.2. Metode Craft dan Hawkins	302
10.2.6.3. Metode Schols	304
10.2.6.4. Metode Muskat dan Arthur	305
10.2.6.5. Metode Chierici	309
10.2.6.6. Metode Sobocinsky dan Cornelius	315
10.2.6.7. Metode Hoyland, Papatzacos dan Skjaeveland	318

10.2.7. Water Coning Pada Reservoir Rekahan.....	319
10.2.7.1. Equivalent Single - Fracture Theory	319
10.2.7.2. Numerical Simulation.....	322
10.3. Channeling	326
10.3.1. Multilayer Channeling	326
10.3.2. Borehole Channeling	326
10.3.3. High Water Saturation in Production Formation	327
10.4. Identifikasi Water Coning dan Channeling.....	328
10.4.1. Conventional Plot.....	328
10.4.2. Diagnostic Plot	329
10.4.3. Verifikasi Diagnostic Plot	335
10.4.4. Rekomendasi Pengujian.....	338
10.5. Coning dan Cresting Pada Sumur Horizontal.....	342
10.5.1. Metode Chaperon.....	343
10.5.2. Metode Efros	343
10.5.3. Metode Giger dan Karcher	343
10.5.4. Metode Joshi (Gas Coning)	344
10.6. Kepasiran	345
10.6.1. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Formasi.....	345
10.6.2. Penyebab Terjadinya Kepasiran.....	351
10.6.3. Identifikasi Kepasiran.....	351
10.6.4. Pencegahan Kepasiran	352
10.6.5. Penanggulangan Kepasiran	352
10.6.5.1. Pengurangan Drag Force	352
10.6.5.2. Metode Mekanik	353
10.6.5.3. Metode Kimia	360
10.7. Alokasi Produksi	362
10.7.1. Metode Kapasitas Aliran (kh)	362
10.7.2. Metode PLT (<i>Production Logging Tool</i>).....	364
10.7.2.1. Persiapan Data	364
10.7.2.2. Cara Pengalokasian.....	364

Bab XI : Pedoman Studi Geofisika Geologi Reservoir (GGR)

11.1 Pedoman Pembuatan Model Geologi-Reservoir	369
11.1.1. Workflow (Diagram Alir) 3D Modeling Geologi-Reservoir	369
11.1.2. Peta Geologi dan Seismik untuk Input Pemodelan	370
11.1.3. Petrofisik.....	372
11.1.4. Pembuatan Model Grid	380
11.1.5. Fracture dan Pembuatan Model Grid Dual Porosity	383
11.1.6. Scale-Up Well Log.....	389
11.1.7. Variogram.....	391
11.1.8. Facies dan Pemodelan.....	393
11.1.9. Pemodelan Porosity	397
11.1.10. Penentuan dan Distribusi Permeability	398
11.1.11. Validasi Property dan Hasil Pemodelan	400
11.1.12. Coarse Model untuk Simulasi Reservoir.....	402
11.2 Pedoman Simulasi Reservoir	405
11.2.1. Maksud dan Tujuan Simulasi Reservoir	405
11.2.2. Diagram Alir (<i>Work Flow</i>) Simulasi Reservoir.....	406
11.2.3. Pengolahan Data-Data Reservoir.....	406
11.2.4. Input Simulasi Reservoir.....	422
11.2.5. Key Well dan Parameter History Matching	422
11.2.6. Inplace Matching (Proses Inisialisasi)	423
11.2.7. History Matching.....	424
11.2.8. Productivity Index (PI) Matching	429
11.2.9. Prediksi Produksi Hasil dari Simulasi Reservoir.....	430

11.3	Pedoman Decline Curve Analysis (DCA)	432
11.3.1.	Konsep Metode Decline Curve Analysis.....	433
11.3.2.	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Decline Curve Analysis	433
11.3.3.	Faktor yang Mempengaruhi Penurunan Produksi	433
11.3.4.	Analisa dan Pemilihan Data	435
11.3.5.	Metode Penentuan Decline Curve Analysis	436
11.3.6.	Analisa Hasil dari Decline Curve Analysis	437
11.4	Pedoman Aplikasi Decline Curve Analysis (DCA)	439
11.4.1.	Flow Pembuatan Sektor	439
11.4.2.	Pembuatan Model	440
11.4.3.	Analisa Decline Curve Analysis per Sektor	445
11.5	Metode Material Balance	446
11.5.1.	Persamaan Umum.....	447
11.5.2.	Persyaratan Penggunaan Metode Material Balance	447
11.5.3.	Tank Model Material Balance	447
11.6	Pedoman Penentuan Kategori dan Perhitungan Cadangan	450
11.6.1.	Aturan dan Ketentuan Berhubungan dengan Cadangan Migas	451
11.6.2.	Klasifikasi dan Definisi Cadangan PRMS 2007	454
11.6.3.	Klasifikasi dan Definisi Cadangan BPMIGAS	455
11.6.4.	Definisi Cadangan	456
11.6.5.	Pembagian Kategori Cadangan	457
11.6.6.	Metode Perhitungan Inplace Hidrokarbon	461
11.6.7.	Metode Perhitungan Recovery Factor dan Cadangan Hidrokarbon	464
11.6.8.	Hasil Perhitungan Cadangan Hidrokarbon untuk Usulan POD.....	465
11.6.9.	Format Laporan Cadangan Tahunan (<i>Annual Reserves Report</i>).....	465
LAMPIRAN-LAMPIRAN		467
DAFTAR PUSTAKA		619
TENTANG PENYUSUN		624