

**GEOLOGI MINYAK
DAN GAS BUMI
UNTUK *GEOLOGIST* PEMULA**

Prof. Ir. Sukandarrumidi, M.Sc., Ph.D.

GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
SEPINTAS SELAYANG PANDANG	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Sejarah Penemuan dan Pemanfaatan Minyak Bumi..	7
1.2 Sejarah Perminyakan di Indonesia	15
1.3 Sumber Energi	40
BAB 2 HAKEKAT MINYAK DAN GAS BUMI	60
2.1 Berbagai Jenis Minyak	60
2.2 Negara Bersengketa Karena Minyak	67
2.3 Keunggulan Minyak Bumi	73
2.4 Asal-usul Minyak dan Gas Bumi	79
2.5 Pagar Cox	83
2.6 Zat Organik Sebagai Bahan Sumber	84
BAB 3 MENGENAL MINYAK BUMI	87
3.1 Minyak Bumi pada Permukaan Topografi	87
3.2 Gunungapi Lumpur	90
3.3 Fisika Minyak Bumi	93
3.4 Cara Mendeteksi	96
3.5 Kimia Minyak Bumi	98
3.6 Analisis dan Klasifikasi Minyak Bumi	101
BAB 4 MENGENAL GAS ALAM	111
4.1 Berbagai Jenis Gas Alam	114
4.2 Susunan Gas Alam	115
4.3 Sifat Fisika Gas Alam	116
4.4 Pengotoran dalam Gas Alam	120

BAB 5	BATUAN INDUK DAN AKUMULASI MINYAK DAN GAS BUMI	126
5.1	Batuan Induk Minyak dan Gas Bumi	126
5.2	Waktu Pembentukan Minyak dan Gas Bumi	130
5.3	Pematangan Minyak Bumi	133
5.4	Konsepsi Pematangan Phillipi	137
5.5	Hubungan Antara Thermal Zat Organik dengan Pembentukan Minyak dan Gas Alam	138
5.6	Migrasi	140
5.7	Akumulasi Minyak dan Gas Bumi	146
BAB 6	BATUAN RESERVOIR DAN PERANGKAP MI-NYAK BUMI	150
6.1	Porositas dan Permeabilitas	150
6.2	Rongga/Pori Primer	154
6.3	Rongga/Pori Sekunder	156
6.4	Batuan Reservoir	158
6.5	Perangkap Reservoir	165
6.6	Berbagai Macam Perangkap	167
BAB 7	EKSPLORASI MINYAK DAN GAS BUMI	178
7.1	Perencanaan Eksplorasi	182
7.2	Penyelidikan Sepintas Lalu	192
7.3	Survei Detail	201
BAB 8	PEMBORAN EKSPLORASI	207
8.1	Hasil Pemboran Eksplorasi	208
8.2	Laporan Pemboran (<i>Well Resume</i>)	212
8.3	Geologi Produksi	213
BAB 9	TAHAP PEMBORAN	215
9.1	Lokasi Pemboran	215
9.2	<i>Rotary Tool Drilling</i>	219
9.3	<i>Rotary Drilling Rig</i>	228
9.4	Pemboran Terarah	229
9.5	Pemboran Lepas Pantai	230
9.6	Operasi Rutin Pemboran	236
9.7	Evaluasi Formasi	238
BAB 10	TAHAP EKSPLOITASI	243
10.1	Metoda Penyelesaian Sumur	243

10.2 <i>Well Testing</i> dan <i>Well Head</i>	247
10.3 <i>Reservoir Stimulation</i>	249
10.4 <i>Reservoir Drive Mechanism</i>	250
10.5 <i>Artificial Lift</i>	254
10.6 <i>Additional Recovery Techniques</i>	257
10.7 Penanganan Fluida di Permukaan	260
BAB 11 REFINERY DAN PROCESSING MINYAK DAN GAS BUMI	265
11.1 Struktur Kimia Hidrokarbon	267
11.2 Penyulingan <i>Crude Oil</i>	269
11.3 <i>Gas Processing</i>	278
11.4 Petrokimia	281
BAB 12 BELAJAR DARI PENGALAMAN	294
12.1 Malapetaka di Teluk Meksiko	294
12.2 Tragedi di Montana Block West Atlas	303
12.3 Petaka Ini Tak Pernah Terbayangkan	304
12.4 Kebakaran/Kecelakaan	309
12.5 Pencemaran	312
12.6 Mengelola Sumur Tua	317
12.7 Kecelakaan Kapal Tanker	319
12.8 Nasib Negara Kaya Minyak	320
LAMPIRAN	323
DAFTAR PUSTAKA	335

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Sejarah Penemuan Minyak	9
Tabel 1.2	Rekaman PT. Caltex Pacific Indonesia Berkaitan dengan Minyak Bumi Hingga Tahun 1995	22
Tabel 1.3	Rincian Negara Yang Memiliki PLTN	51
Tabel 1.4	Perkiraan Kebutuhan Minyak Di Negara Maju Tiap Harinya	58
Tabel 1.5	Perkiraan Produksi Minyak di Beberapa Negara	58
Tabel 2.1	Komposisi Kimia Hidrokarbon	63
Tabel 3.1	Konversi Berat Api Ke Berat Baume Dan Derajat Api ...	94
Tabel 4.1	Komposisi Gas Lapangan Badak	115
Tabel 6.1	Klasifikasi Besar Pori	151
Tabel 11.1	Hasil Fraksinasi <i>Atmospheric Destilation</i>	272
Tabel 11.2	<i>Refinery-Process</i>	275
Tabel 11.3	Kilang Minyak di Indonesia	276
Tabel 11.4	Unit Kilang Minyak	277

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Warna <i>Crude Oil</i>	2
Gambar 1.2	Traktor Berbahan Bakar Solar Untuk Mengolah Tanah ..	4
Gambar 1.3	Mobil Tenaga Mesin Uap Bordino, 1854 (Farndon, 2007)	5
Gambar 1.4	Alat-Alat Rumah Tangga yang Terbuat dari Plastik	6
Gambar 1.5	Lokomotif Berbahan Bakar Kayu	41
Gambar 1.6	PLTU Memanfaatkan Batubara Sebagai Bahan Bakar....	43
Gambar 1.7	Jaringan Pipa CBM di Alberta, Amerika Serikat	46
Gambar 1.8	Generator Listrik di Wisma Kagama Yogyakarta yang Memanfaatkan Bahan Bakar Solar	47
Gambar 1.9	PLTA Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air	48
Gambar 1.10	PLTP di Lahendong Manado Sulawesi Utara	50
Gambar 1.11	PLTN di Fukushima Jepang	50
Gambar 1.12	Instalasi PLTS untuk Memompa Air Sumur	54
Gambar 1.13	PLT Angin yang Dibangun di Tehachapi di Pantai California, Amerika Serikat dengan 4.600 Turbin	56
Gambar 2.1	Rantai Molekul Hidrokarbon Oktana	61
Gambar 2.2	Warna Minyak Mentah	62
Gambar 2.3	Minyak Ringan (Mengapung di Bagian Atas) dan Minyak Berat yang Tenggelam di Dasar Gelas	62
Gambar 2.4	Pipa Minyak BTC Yang Selesai Dibangun Tahun 2006..	74
Gambar 2.5	Berbagai Hasil Proses Penyulingan Minyak Mentah	75
Gambar 2.6	Kronologis Terbentuknya Minyak dan Gas	80
Gambar 3.1	Luapan Lumpur yang Keluar Melalui Pemboran “Minyak” yang Gagal di Sidoarjo, Jawa Timur	92
Gambar 3.2	Indeks Korelasi dan Klasifikasi Minyak Bumi	102
Gambar 4.1	Gasometer Tempat Penampungan Gas Kota	113
Gambar 4.2	Truk Tangki Pengangkut Gas	118
Gambar 4.3	Kapal Tangki Pengangkut Gas Alam	119
Gambar 4.4	PLTU Tambak Lorok, Semarang, Jawa Tengah	125
Gambar 6.1	Kenampakan Petrografi Batupasir Kuarsa	158

Gambar 6.2	Kenampakan Petrografi Batupasir Graywacke	159
Gambar 6.3	Kenampakan Petrografi Batupasir Arkose	160
Gambar 6.4	Kenampakan Petrografi Konglomerate	160
Gambar 6.5	Kenampakan Petrografi Batulanau	161
Gambar 6.6	Salah Satu Contoh Kenampakan Petrografi Batu- gamping Terumbu	163
Gambar 6.7	Salah Satu Contoh Kenampakan Petrografi Batu- gamping Klastik	163
Gambar 6.8	Salah Satu Contoh Kenampakan Petrografi Batu- gamping Dolomitan	164
Gambar 6.9	Salah Satu Contoh Kenampakan Petrografi Batu- gamping Halus	164
Gambar 6.10	Perangkap Antiklin	168
Gambar 6.11	Perangkap Patahan	169
Gambar 6.12	Perangkap Kubah Garam	170
Gambar 6.13	Perangkap Stratigrafi	172
Gambar 6.14	Perangkap Kombinasi Perlipatan, Pembajian dan Lensa..	175
Gambar 6.15	Perangkap Kombinasi Perlipatan, Patahan dan Ketidak- selarasan	175
Gambar 6.16	Perangkap Kombinasi Antara Kubah Garam dan Patahan	176
Gambar 6.17	Perangkap Ketidakselarasan (<i>Unconformity</i>)	177
Gambar 7.1	Sepeda Motor	178
Gambar 7.2	Mobil	178
Gambar 7.3	Kapal Laut	179
Gambar 7.4	Pesawat Terbang	179
Gambar 7.5	Handphone	179
Gambar 7.6	Laptop dan Komputer PC	179
Gambar 7.7	Skematik Survei Seismik Dengan Ledakan Dinamik (Farndon, 2007)	195
Gambar 7.8	Survei Seismik dengan Truk Berderap (Farndon, 2007)..	196
Gambar 7.9	Survei Seismik di Laut (Farndon, 2007)	196
Gambar 7.10	Survei Magnetik (Farndon, 2007)	198
Gambar 7.11	Survei Gravity (Farndon, 2007)	199
Gambar 7.12a	Gravimeter Gulf (Hoyt)	200
Gambar 7.12b	Gravimeter Askama	200
Gambar 7.13	Rig Pada Saat Pemboran Eksplorasi	204
Gambar 7.14	<i>Well Site Geologist</i> Sedang Memeriksa <i>Core</i> Hasil Pemboran	204

Gambar 9.1	Suasana Lokasi Pemboran di Darat	216
Gambar 9.2	Menara Bor Bambu Bangsa China	217
Gambar 9.3	Menara Bor Yang Terbuat Dari Kayu	217
Gambar 9.4	Sketsa Alat Pemboran yang Dipakai Saat Ini	218
Gambar 9.5	Sketsa <i>Diamond Bit</i>	220
Gambar 9.6	Sketsa Lubang Annulus yang Merupakan Ruang Tempat Lumpur Kembali ke Permukaan	221
Gambar 9.7	Sistem Sirkulasi Lumpur Pemboran	222
Gambar 9.8	Sistem Sirkulasi Yang Memungkinkan Masuknya Lumpur ke dalam Lubang dan Naik Kembali ke Permukaan Bersama-sama Serbuk Bor	223
Gambar 9.9	<i>Swivel (Kelly Drive Bushing)</i> -Bagian dari <i>Rotary System</i>	224
Gambar 9.10	<i>Kelly Bushing Dan Rotary Table</i> (Bagian Dari <i>Rotary System</i>)	224
Gambar 9.11	<i>Drill Stem</i>	225
Gambar 9.12	<i>Hoisting System</i> dan Elemen Pendukungnya	225
Gambar 9.13	Sarana Transportasi Pemboran di Lepas Pantai	227
Gambar 9.14	<i>Crew</i> Pemboran sedang Bertugas	227
Gambar 9.15	Komponen <i>Rotary Drilling Rig</i>	228
Gambar 9.16	Konsep Dasar Pemboran Terarah	229
Gambar 9.17	Aplikasi Teknik Pemboran Terarah	230
Gambar 9.18	<i>Down Hole Motor</i> Yang Dipergunakan Dalam Pemboran Horizontal	230
Gambar 9.19	Contoh <i>Jack Up Rig</i>	232
Gambar 9.20	Contoh <i>Jack Up Rig</i> yang Lain	232
Gambar 9.21	Sketsa <i>Submersible Rig</i>	233
Gambar 9.22	<i>Inland Barge Rig</i>	234
Gambar 9.23	<i>Drill Ship</i>	234
Gambar 9.24	Semi <i>Submersible Rig</i>	235
Gambar 9.25	Beberapa Sketsa Anjungan Lepas Pantai	236
Gambar 9.26	Operasi Rutin Pemboran	238
Gambar 9.27	Rekaman Sifat Fisik Batuan pada <i>Well Log</i>	239
Gambar 9.28	Rekaman Sifat-sifat Lainnya	239
Gambar 9.29	<i>Core Bit</i> dan <i>Core</i> yang Berhasil Ditangkap, Beberapa Potongan <i>Core</i> yang Siap untuk Dianalisis	240
Gambar 9.30	Alat Pengambil Teras Samping dan Beberapa Contoh Teras Samping yang Siap untuk Dianalisis	240
Gambar 9.31	Contoh Rekaman Log	241

Gambar 9.32 Contoh Alat <i>Formation Tester</i>	242
Gambar 10.1 Sketsa <i>Open Hole Completion</i>	244
Gambar 10.2 Sketsa <i>Perforated Completion</i>	244
Gambar 10.3 Sketsa Cara Kerja <i>Perforated Gun</i>	245
Gambar 10.4 Sketsa Sketsa <i>Tubingless Completion</i>	245
Gambar 10.5 Sketsa <i>Wire Wrapped Completion</i>	246
Gambar 10.6 Sketsa <i>Multiple Completion</i>	247
Gambar 10.7 <i>Well Head</i>	249
Gambar 10.8 Sketsa Proses <i>Acidizing</i>	250
Gambar 10.9 Proses <i>Dissolve Gas Drive</i>	251
Gambar 10.10 Proses <i>Gas Cap Drives</i>	252
Gambar 10.11 Proses <i>Water Drive</i>	253
Gambar 10.12 Proses <i>Combination Drive</i>	253
Gambar 10.13 Sketsa <i>Gas Lift</i>	255
Gambar 10.14 Sketsa <i>Socker Rod Pump</i>	255
Gambar 10.15 Sketsa <i>Subsurface Hydraulic Pump</i>	256
Gambar 10.16 Sketsa <i>Electric Submersible Pump</i>	257
Gambar 10.17 Sketsa <i>Pressure Maintenance</i>	258
Gambar 10.18 Sketsa <i>Miscible Flooding</i> dengan <i>Surfactant</i>	259
Gambar 10.19 Sketsa Menginjeksikan CO_2 Ke Dalam Sumur Injeksi yang Dibuat di Samping Sumur Lama yang Telah Ada	259
Gambar 10.20 Skema Proses Penanganan Fluida di Permukaan	260
Gambar 10.21 Sketsa Alat Pemisah Air- <i>Vessel</i> Horizontal	261
Gambar 10.22 Sketsa Alat Pemisah Air dan Gas	262
Gambar 10.23 Sketsa Alat Pemanas Gas, <i>Indirect Heater</i>	263
Gambar 10.24 <i>Dehydrating</i> , Proses Memisahkan Air dari Sistem	264
Gambar 11.1 Struktur Kimia Hidrokarbon	268
Gambar 11.2 Proses Konversi <i>Crude Oil</i> Menjadi Beberapa Produk Melalui Destilasi	271
Gambar 11.3 Proses <i>Atmospheric Destilation</i>	272
Gambar 11.4 Proses <i>Vacum Destilation</i>	273
Gambar 11.5 Sketsa Pabrik Untuk Proses <i>Catalytic Cracking</i>	274
Gambar 11.6 Proses <i>Blending Additive</i>	274
Gambar 11.7 <i>Gas Processing</i>	279
Gambar 11.8 <i>Plant Processing</i>	280
Gambar 11.9 Fraksinasi NGLs	280
Gambar 11.10 Skema Produk Industri Berbahan Baku Gas Alam	282
Gambar 11.11 Skema Produk Industri <i>Olefin</i>	282
Gambar 11.12 Skema Produk Industri <i>Aromatic</i>	283