

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
RINGKASAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Metodologi	3
1.5. Hasil Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN “R”	6
2.1. Letak Geografis Lapangan “R”	6
2.2. Tinjauan Geologi Lapangan “R”	7
2.2.1. Geologi dan Stratigrafi Regional	7
2.2.2. Geologi dan Stratigrafi Lapangan “R”	12
2.3. Karakteristik Reservoir.....	14
2.3.1. Sifat Fisik Batuan Reservoir	14
2.3.2. Sifat Fisik Fluida Reservoir	21
2.4. Kondisi Reservoir.....	23
2.5. Sejarah Produksi.....	23
2.6. Data Penunjang.....	23
BAB III. DASAR TEORI SIMULASI KOMPOSISIONAL	
INJEKSI CO₂	27
3.1. Cadangan Sisa	27

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
3.2. <i>Recovery Factor</i>	28
3.3. Produktifitas Formasi	29
3.4. Konsep Simulasi Reservoir	30
3.4.1. Persamaan Dasar Simulasi Reservoir	32
3.4.2. Tahapan Simulasi Reservoir	33
3.4.2.1. Persiapan Data dan Pengolahan Data	33
3.4.2.2. Pembuatan Model	36
3.4.2.3. <i>Input Data</i>	37
3.4.2.4. Inisialisasi	38
3.4.2.5. <i>History Matching</i>	38
3.4.2.6. Tahap Prediksi	40
3.4.2.7. Prediksi Skenario Injeksi CO ₂	40
3.5. Pengolahan Data	42
3.5.1. Pengolahan Data Batuan Reservoir.....	43
3.5.1.1. Permeabilitas Relatif.....	43
3.5.1.2. Tekanan Kapiler.....	50
3.5.1.3. Porositas.....	52
3.5.2. Pengolahan Data Fluida Reservoir (PVT)	53
3.5.3. Sejarah Produksi	55
3.5.4. <i>Rock Type/Rock Region</i>	56
3.5.5. <i>Drive Mechanism</i>	56
3.6. Perencanaan Injeksi CO ₂	58
3.6.1. Karakteristik Gas CO ₂	58
3.6.2. <i>Screening Criteria</i>	59
3.6.3. Pengertian CO ₂ <i>Immiscible & Miscible Flooding</i>	60
3.6.4. Konsep Dasar Injeksi CO ₂	62
3.6.4.1. Proses Pendesakan Minyak – CO ₂	62
3.6.4.2. Pengaruh CO ₂ terhadap Reservoir	62
3.6.4.3. Penentuan <i>Minimum Miscible Pressure</i>	63
3.6.4.4. Metode Injeksi CO ₂	63
3.6.4.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Pendesakan CO ₂	64

BAB IV. STUDI SIMULASI RESERVOIR LAPISAN A-1

LAPANGAN “R”	65
4.1. Pengumpulan Data.....	65
4.1.1. Data Geologi dan Geofisika	65
4.1.2. Data Batuan Reservoir	65

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
4.1.3. Data Fluida Reservoir	68
4.1.4. Data Tekanan	68
4.1.5. Data Produksi	68
4.1.6. Data Penunjang	68
4.2. Pengolahan Data Simulasi Reservoir	68
4.2.1. Permeabilitas Relatif	68
4.2.2.1. Penentuan <i>Rock Region</i>	81
4.2.2. Tekanan Kapiler	87
4.2.3. Sifat Fisik Fluida Reservoir	90
4.3. Analisa <i>Drive Index</i>	96
4.4. Perhitungan <i>Recovery Factor</i> dan Cadangan	98
4.5. Simulasi Reservoir	99
4.5.1. Inisialisasi	101
4.5.1.1. Inisialisasi OOIP	101
4.5.1.2. Inisialisasi Tekanan	102
4.5.2. <i>History Matching</i>	102
4.5.3. Penyelarasan <i>Productivity Index (PI Matching)</i>	112
4.5.4. <i>Screening Criteria</i> Lapisan A-1 Lapangan “R”	113
4.5.5. Hasil Prediksi Skenario Lapangan “R”	114
4.5.5.1. Skenario I : Dua Belas Sumur Produksi + Empat Sumur Injeksi CO ₂ secara <i>Immiscible</i> (R-9, R-17, R-30INJ dan R-31INJ)	115
4.5.5.2. Skenario II : Dua Belas Sumur Produksi + Empat Sumur Injeksi CO ₂ secara <i>Miscible</i> (R-9, R-17, R-30INJ dan R-31INJ)	121
BAB V. PEMBAHASAN	133
5.1. Pendahuluan	133
5.2. Pengolahan Data	134
5.2.1. Pengolahan Data SCAL	134
5.2.2. Pengolahan Data PVT	135
5.2.3. Pengolahan Data Produksi dan Tekanan	136
5.2.4. Analisa <i>Drive Index</i>	136
5.3. Simulasi Reservoir	137
5.3.1. Inisialisasi	137
5.3.2. <i>History Matching</i>	137
5.3.3. Prediksi	139
5.4. Rekomendasi	142

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
BAB VI. KESIMPULAN	143
DAFTAR PUSTAKA	145
DAFTAR SIMBOL	147
LAMPIRAN.....	149

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. Flowchart Pengerjaan Simulasi Reservoir	5
Gambar 2.1. Letak Geografis Blok Jabung	6
Gambar 2.2. Letak Geografis Lapangan “R”	7
Gambar 2.3. Kolom Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan	10
Gambar 2.4. Permeabilitas Relatif <i>Core Sample</i> Sistem Air-Minyak....	19
Gambar 2.5. Permeabilitas Relatif <i>Core Sample</i> Sistem Gas-Minyak... 20	
Gambar 2.6. Data Tekanan pada Lapisan A-1 di Lapangan “R”	24
Gambar 2.7. Sejarah Laju Produksi Lapisan A-1 pada Lapangan “R”.....	24
Gambar 2.8. Sejarah Kumulatif Produksi Lapisan A-1 pada Lapangan “R”.....	25
Gambar 2.9. <i>Gas Oil Ratio</i> dan <i>Water Cut</i> Lapisan A-1 pada Lapangan “R”.....	25
Gambar 3.1. Pola-pola Sumur Injeksi-Produksi	41
Gambar 3.2. Kurva Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak.....	45
Gambar 3.3. Normalisasi Kurva Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak	46
Gambar 3.4. Kurva Permeabilitas Relatif Sistem Gas-Minyak.....	49
Gambar 3.5. Kurva Tekanan Kapiler Sistem Air-Minyak.....	51
Gambar 3.6. Kurva Viskositas Minyak (μ_o) vs Tekanan	53
Gambar 3.7. Kurva Faktor Volume Formasi Minyak (B_o) vs Tekanan	54
Gambar 3.8. Berbagai Macam Diagram Fasa Fluida Reservoir	54
Gambar 3.9. Contoh Kurva <i>Drive Index</i>	58
Gambar 4.1. <i>Depth Structure Map</i> Lapisan A-1 dengan Kontak Fluida.....	66
Gambar 4.2. <i>Depth Structure Map</i> Lapisan A-1.....	66

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.3. Peta Isoporositas Lapisan A-1.....	67
Gambar 4.4. Peta Isopermeabilitas Lapisan A-1.....	67
Gambar 4.5. Kurva Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak.....	69
Gambar 4.6. Kurva Permeabilitas Relatif Sistem Gas-Minyak.....	69
Gambar 4.7. Kurva Normalisasi Kro* dan Krw* vs Sw*	71
Gambar 4.8. Kurva De-Normalisasi Sistem Air-Minyak	75
Gambar 4.9. Kurva Normalisasi Krog* dan Krg* vs Sg*	77
Gambar 4.10. Kurva De-Normalisasi Sistem Gas-Minyak.....	80
Gambar 4.11. Penentuan <i>Rock Region</i> untuk Lapisan A-1 pada Lapangan “R”.....	81
Gambar 4.12. Model 3D Persebaran <i>Rock Region</i> pada Lapisan A-1.....	82
Gambar 4.13. Korelasi Nilai <i>End-Point</i>	83
Gambar 4.14. Kurva Permeabilitas Relatif Per- <i>Region</i> Sistem Air-Minyak	86
Gambar 4.15. Kurva Permeabilitas Relatif Per- <i>Region</i> Sistem Gas-Minyak	86
Gambar 4.16. Kurva Tekanan Kapiler	88
Gambar 4.17. Kurva J(sw) vs Sw*	88
Gambar 4.18. Kurva Hasil Normalisasi Tekanan Kapiler Per- <i>Region</i> ...	90
Gambar 4.19. Kurva ROV Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	91
Gambar 4.20. Kurva <i>Liquid Volume</i> Lapisan A-1 pada Lapangan “R” .	92
Gambar 4.21. Kurva <i>Z-Factor</i> Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	92
Gambar 4.22. Kurva Kompresibilitas Minyak Lapisan A-1 pada Lapangan “R”.....	93
Gambar 4.23. Kurva Densitas Gas dan Minyak Lapisan A-1 pada Lapangan “R”.....	93

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.24. Kurva GOR dan ROV Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	94
Gambar 4.25. Kurva Bg dan Cg Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	94
Gambar 4.26. Kurva SG Gas dan Minyak Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	95
Gambar 4.27. Kurva Viskositas Gas dan Minyak Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	95
Gambar 4.28. <i>Drive Index</i> Lapisan A-1 pada Lapangan “R” dengan Menggunakan Metode Material Balance	96
Gambar 4.29. <i>Drive Index</i> Lapisan A-1 pada Lapangan “R” dengan Menggunakan Plot Ganesh Thakur	97
Gambar 4.30. Model 3D Geologi Distribusi Saturasi Awal Minyak Lapisan A-1	99
Gambar 4.31. Model 3D Geologi Distribusi Saturasi Awal Air Lapisan A-1	100
Gambar 4.32. Model 3D Geologi Distribusi Tekanan Awal Lapisan A-1	100
Gambar 4.33. Modifikasi Data Tekanan Kapiler dalam Inisialisasi	101
Gambar 4.34. Modifikasi Data Permeabilitas Relatif dalam <i>History Matching</i>	104
Gambar 4.35. Laju Produksi dan Kumulatif Minyak Lapisan A-1 pada <i>Running Software</i> yang Pertama	105
Gambar 4.36. Laju Produksi dan Kumulatif Minyak Lapisan A-1 Setelah Dilakukan Penyelarasan	105
Gambar 4.37. Laju Produksi dan Kumulatif Air Lapisan A-1 pada <i>Running Software</i> yang Pertama	106

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.38. Laju Produksi dan Kumulatif Air Lapisan A-1 Setelah Dilakukan Penyelarasan	106
Gambar 4.39. Laju Produksi dan Kumulatif Gas Lapisan A-1 pada <i>Running Software</i> yang Pertama	107
Gambar 4.40. Laju Produksi dan Kumulatif Gas Lapisan A-1 Setelah Dilakukan Penyelarasan	107
Gambar 4.41. Plot Tekanan Reservoir vs Waktu pada <i>Running Software</i> yang Pertama	108
Gambar 4.42. Plot Tekanan Reservoir vs Waktu Setelah Dilakukan Penyelarasan	108
Gambar 4.43. Hubungan Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Minyak Simulasi dengan Kumulatif Produksi Data Aktual	110
Gambar 4.44. Hubungan Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Air Simulasi dengan Kumulatif Produksi Data Aktual	111
Gambar 4.45. Hubungan Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Gas Simulasi dengan Kumulatif Produksi Data Aktual	111
Gambar 4.46. Laju Produksi Minyak Setelah Dilakukan <i>PI Matching</i> pada Lapisan A-1	112
Gambar 4.47. Laju Produksi Air Setelah Dilakukan <i>PI Matching</i> pada Lapisan A-1	113
Gambar 4.48. Sensitivitas Laju Injeksi CO₂ Secara <i>Immiscible</i>	116
Gambar 4.49. Lokasi Sumur R-9, R-17, R-30INJ dan R-31INJ (<i>injection well</i>) pada Lapisan A-1	117
Gambar 4.50. Distribusi Saturasi Minyak Skenario I-C pada Lapisan A-1	118
Gambar 4.51. Distribusi Tekanan Skenario I-C pada Lapisan A-1	119

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.52. Prediksi Laju Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” (Skenario I)	120
Gambar 4.53. Prediksi Kumulatif Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” (Skenario I)	120
Gambar 4.54. Prediksi Tekanan Lapisan A-1 pada Lapangan “R” (Skenario I)	121
Gambar 4.55. Ternary Diagram untuk MMP 830 psia	122
Gambar 4.56. Sensitivitas Laju Injeksi CO₂ Secara Miscible	123
Gambar 4.57. Prediksi Laju Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” (Skenario II)	124
Gambar 4.58. Prediksi Kumulatif Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” (Skenario II)	125
Gambar 4.59. Prediksi Tekanan Lapisan A-1 pada Lapangan “R” (Skenario II)	126
Gambar 4.60. Distribusi Saturasi Minyak Skenario II-D pada Lapisan A-1	126
Gambar 4.61. Distribusi Tekanan Skenario II-D pada Lapisan A-1	127
Gambar 4.62. Prediksi Laju Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” Berbagai Skenario	128
Gambar 4.63. Prediksi Kumulatif Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” Berbagai Skenario	128
Gambar 4.64. Prediksi Tekanan Lapisan A-1 pada Lapangan “R” Berbagai Skenario	129
Gambar 4.65. Prediksi Laju Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” Berbagai Skenario Optimum	131

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.66. Prediksi Kumulatif Produksi Minyak Lapisan A-1 Lapangan “R” Berbagai Skenario Optimum	131
Gambar 4.67. Prediksi Tekanan Lapisan A-1 pada Lapangan “R” Berbagai Skenario Optimum	132

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel II-1	Data <i>Routine Core Analysis</i>	15
Tabel II-2	Data <i>End Point</i> Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak	17
Tabel II-3	Data Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak.....	17
Tabel II-4	Data <i>End Point</i> Permeabilitas Relatif Sistem Gas-Minyak	18
Tabel II-5	Data Permeabilitas Relatif Sistem Gas-Minyak.....	18
Tabel II-6	Data Tekanan Kapiler	21
Tabel II-7	Data Komposisi Fluida Reservoi.....	21
Tabel II-8	Ringkasan Data Analisa PVT	22
Tabel II-9	Data PVT <i>Constant Composition Expansion</i>	22
Tabel II-10	Data PVT <i>Differential Vaporization</i>	22
Tabel II-11	Ringkasan Data Produksi Lapangan “R” pada Lapisan A-1.....	26
Tabel III-1	Contoh Hasil Simulasi Skenario Injeksi Secara <i>Immiscible Flooding</i> CO₂	42
Tabel III-2	<i>Screening Criteria</i> untuk Injeksi CO₂ oleh Brasher & Goodlett, et al.	59
Tabel III-3	<i>Screening Criteria</i> untuk Injeksi CO₂ oleh Taber, et al	60
Tabel III-4	<i>Screening Criteria</i> untuk Injeksi CO₂ oleh Klins & Taber, et al.....	60
Tabel IV-1	Normalisasi Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak	70
Tabel IV-2	Hasil Perhitungan Kro* dan Krw*	74
Tabel IV-3	Hasil Perhitungan De-normalisasi Sistem Air-Minyak....	74
Tabel IV-4	Normalisasi Permeabilitas Relatif Sistem Gas-Minyak....	76
Tabel IV-5	Hasil Perhitungan Krog* dan Krg*	79
Tabel IV-6	Hasil Perhitungan De-normalisasi Sistem Gas-Minyak ...	80

DAFTAR TABEL
(Lanjutan)

		Halaman
Tabel IV-7	<i>End Point</i> Setiap <i>Rock Region</i>	84
Tabel IV-8	Permeabilitas Relatif Sistem Air-Minyak Per- <i>Region</i>	85
Tabel IV-9	Permeabilitas Relatif Sistem Gas-Minyak Per- <i>Region</i>	85
Tabel IV-10	Hasil Normalisasi <i>Pc</i>	89
Tabel IV-11	Hasil Perhitungan De-Normalisasi <i>Pc</i>	90
Tabel IV-12	Hasil Perhitungan <i>Drive Mechanism</i>	97
Tabel IV-13	Karakteristik Permodelan Reservoir Lapangan “R”	99
Tabel IV-14	Hasil Inisialisasi OOIP	102
Tabel IV-15	Hasil Inisialisasi Tekanan	102
Tabel IV-16	Hasil Penyelarasan Kumulatif Produksi Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	109
Tabel IV-17	Pemilihan <i>Key Well</i> Lapisan A-1 pada Lapangan “R”	109
Tabel IV-18	Tabulasi Penyelarasan <i>Key Well</i> Minyak	109
Tabel IV-19	Tabulasi Penyelarasan <i>Key Well</i> Air	110
Tabel IV-20	Tabulasi Penyelarasan <i>Key Well</i> Gas	110
Tabel IV-21	<i>Screening Criteria</i> pada Lapisan A-1 Lapangan “R”	113
Tabel IV-22	Sensitivitas Laju Injeksi CO ₂ secara <i>Immiscible</i> pada Lapangan “R”	116
Tabel IV-23	Sensitivitas Laju Injeksi CO ₂ secara <i>Miscible</i> pada Lapangan “R”	123
Tabel IV-24	Ringkasan Hasil Prediksi Skenario Pengembangan Lapangan “R” hingga Juni 2031	130

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	150
LAMPIRAN B	154
LAMPIRAN C	175
LAMPIRAN D	176
LAMPIRAN E	179
LAMPIRAN F	187