

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERUNTUKAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	8
BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN.....	9
2.1. Sejarah Lapangan “MAMORA”.....	9
2.2. Keadaan Geologi dan Stratigrafi Lapangan “MAMORA”.....	10
2.2.1. Geologi Regional	16
2.2.2. Geologi Lapangan.....	18
2.2.3. Geologi Reservoir	18
2.3. <i>Petroleum System</i>	19
2.4. Kondisi Reservoir Lapangan “MAMORA”	21
2.5. Kondisi Produksi Lapangan “MAMORA”.....	22

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
BAB III. DASAR TEORI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i>.....	23
3.1. Analisa Kerusakan Formasi.....	24
3.2. Mekanika Batuan untuk Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	26
3.2.1. <i>Stress</i>	28
3.2.2. <i>Strain</i>	28
3.2.3. <i>Poisson Ratio</i>	30
3.2.4. <i>Modulus Shear</i>	31
3.2.5. <i>Modulus Young</i>	32
3.2.6. <i>Plane-Strain Modulus</i>	33
3.2.7. <i>Modulus Bulk</i>	33
3.2.8. <i>Overburden Stress</i>	33
3.3. Perekahan Batuan.....	35
3.3.1. <i>In-Situ Stress</i>	35
3.3.2. Tekanan Perekahan.....	38
3.3.3. Arah Perekahan.....	39
3.4. Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	39
3.4.1. Fluida Perekah.....	39
3.4.1.1. <i>Rheology</i> Fluida Perekah.....	40
3.4.1.2. <i>Fluid Loss (Leak-Off)</i>	43
3.4.1.3. Hidrolika Fluida Perekah.....	45
3.4.2. Fluida Dasar dan Aditif.....	48
3.4.2.1. Fluida Dasar.....	48
3.4.2.2. Aditif.....	50
3.4.3. Material Penganjal (<i>Proppant</i>).....	54
3.4.3.1. Jenis <i>Proppant</i>	55
3.4.3.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i>	56

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
3.4.3.3. Sifat Fisik <i>Proppant</i>	57
3.4.3.4. Transportasi <i>Proppant</i>	59
3.4.4. Konduktivitas Rekahan.....	60
3.4.5. Model Geometri Rekahan.....	62
3.4.5.1. Model Howard & Fast	63
3.4.5.2. Model PKN dan Model KGD	65
3.4.6. Volume <i>Treatment</i> Fluida Perekah, <i>Proppant</i> , dan <i>Pumping</i> <i>Schedule</i>	69
3.5. Operasi Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	73
3.5.1. <i>Datafrac</i>	73
3.5.1.1. <i>Formation Breakdown Test</i>	73
3.5.1.2. <i>Step Rate Test</i>	74
3.5.1.3. <i>Backflow Test</i>	75
3.5.1.4. <i>Shut-in Decline Test</i>	76
3.5.1.5. <i>Minifrac</i>	76
3.5.2. <i>Mainfrac</i>	77
3.5.3. Analisa Tekanan Rekah <i>Hydraulic Fracturing</i>	77
3.6. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	78
3.6.1. Evaluasi Desain Operasi	78
3.6.1.1. Evaluasi <i>Fracture Properties</i>	79
3.6.1.2. Evaluasi Konduktivitas Rekahan.....	79
3.6.2. Evaluasi Produksi	79
3.6.2.1. Permeabilitas Formasi Rata-Rata	80
3.6.2.2. <i>Productivity Index Ratio</i>	81
3.6.2.3. <i>Inflow Performance Relationship</i>	83
3.6.2.4. Analisa Nodal	87

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
BAB IV. EVALUASI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> SUMUR SI-7	
LAPANGAN “MAMORA”	95
4.1. Alasan Dilakukan <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur SI-7	95
4.2. Pengumpulan Data.....	96
4.3. Evaluasi Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur SI-7	99
4.3.1. Evaluasi Pemilihan Fluida Perekah	99
4.3.2. Evaluasi Pemilihan <i>Proppant</i>	101
4.3.3. Evaluasi Geometri Rekahan.....	102
4.3.4. Evaluasi Perhitungan Desain Operasi.....	106
4.3.4.1. Perhitungan Tekanan Injeksi dan <i>Horse Power</i> Pompa ...	106
4.3.4.2. Perhitungan Fluida Perekah dan Massa <i>Proppant</i>	108
4.3.4.3. Perhitungan <i>Pumping Schedule</i>	110
4.4. Evaluasi Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur SI-7	114
4.4.1. <i>Fill Up</i>	115
4.4.2. <i>Step Rate Test</i>	115
4.4.3. <i>Minifrac</i>	118
4.4.4. <i>Mainfrac</i>	122
4.5. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur SI-7	124
4.5.1. Evaluasi <i>Fracture Properties</i>	125
4.5.2. Evaluasi Konduktivitas Rekahan	126
4.5.3. Evaluasi Produksi	126
4.5.3.1. Evaluasi Permeabilitas Rata-Rata Formasi.....	127
4.5.3.2. Evaluasi <i>Productivity Index Ratio</i>	129
4.5.3.3. Analisa Nodal	131

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
BAB V. PEMBAHASAN	135
BAB VI. KESIMPULAN.....	146
DAFTAR PUSTAKA	148
LAMPIRAN A	150
LAMPIRAN B	158
LAMPIRAN C	191

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> Evaluasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	7
Gambar 2.1. Peta Umum Lokasi Jabung Block PetroChina International Ltd ...	9
Gambar 2.2. Penampang Stratigrafi Jabung Block	15
Gambar 2.3. Peta Cekungan Sumatera Selatan.....	16
Gambar 2.4. Peta Detail Jabung Block PetroChina International Ltd	17
Gambar 3.1. Skematik Proses Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	23
Gambar 3.2. Perbandingan <i>Drawdown Pressure</i> Pada <i>Undamage Formation</i> dan <i>Damage Formation</i>	24
Gambar 3.3. Pengaruh <i>Skin</i> di Sekitar Sumur.....	25
Gambar 3.4. Deformasi Batuan Akibat <i>Stress</i>	29
Gambar 3.5. Hubungan <i>Stress</i> dan <i>Strain</i>	29
Gambar 3.6. Perhitungan <i>Poisson Ratio</i>	31
Gambar 3.7. Definisi <i>Shear Modulus</i>	32
Gambar 3.8. Skematik dari Harga-Harga <i>Stress</i> terhadap Kedalaman.....	37
Gambar 3.9. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama dan Arah Rekahan	39
Gambar 3.10. Harga <i>Shear Rate</i> vs <i>Shear Stress</i> pada Fluida <i>Newtonian</i> dan <i>Non Newtonian</i>	40
Gambar 3.11. Hubungan <i>Shear Stress</i> dan <i>Shear Rate</i> Fluida <i>Power Law</i> pada Log-log Plot	41
Gambar 3.12. Efek Temperatur Terhadap Viskositas untuk 50 lb/1000 gal HPG.....	42
Gambar 3.13. Pengaruh Konsentrasi <i>Proppant</i> terhadap Viskositas <i>Frac Fluid</i> pada suatu Harga $n' = 0,4$	42
Gambar 3.14. Plot Hasil Laboratorium untuk Mencari $C_w = C_{III}$	44
Gambar 3.15. Petunjuk Penggunaan Fluida Perekah untuk Sumur Minyak.....	50
Gambar 3.16. Spesifikasi Ukuran Mesh <i>Proppant</i> CarboLITE.....	57
Gambar 3.17. Sifat Fisik <i>Proppant</i> CarboLITE.....	59

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 3.18. Skematis Model <i>PAN American</i> Howard dan Fast	63
Gambar 3.19. Skematik dari Pengembangan Linier <i>Fracturing</i> Menurut Metode PKN.....	65
Gambar 3.20. Skematik dari Pengembangan Linier <i>Fracturing</i> Menurut Metode KGD.....	66
Gambar 3.21. <i>Formation Breakdown/Mini Fall Off Test</i>	74
Gambar 3.22. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Test</i>	74
Gambar 3.23. Skematik dari Pelaksanaan <i>Back Flow Test</i>	75
Gambar 3.24. Plot P vs Akar Waktu.....	76
Gambar 3.25. Skematik dari Pelaksanaan <i>Minifrac</i>	76
Gambar 3.26. Grafik Pola Tekanan pada <i>Hydraulic Fracturing</i>	78
Gambar 3.27. Grafik Hubungan r_w' dan F_{cd}	83
Gambar 3.28. Kurva IPR Satu Fasa	84
Gambar 3.29. Kurva IPR Dua Fasa.....	85
Gambar 3.30. Analisa Nodal Sebelum Perekahan dan Sesudah Perekahan	88
Gambar 3.31. Model <i>Single Branch</i>	89
Gambar 3.32. Input Data Fluida Reservoir (<i>Black Oil</i>).....	90
Gambar 3.33. Input Data Reservoir Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i>	91
Gambar 3.34. Input Data Reservoir Sesudah <i>Hydraulic Fracturing</i>	92
Gambar 3.35. Input Data Tubing melalui <i>Simple Model</i>	93
Gambar 3.36. Input Data Tubing melalui <i>Detailed Model</i>	93
Gambar 4.1. Profil Sumur SI-7	95
Gambar 4.2. <i>Step Rate Test</i> Sumur SI-7	115
Gambar 4.3. Analisis <i>Step Up Rate Test</i> SI-7 oleh <i>Service Company</i>	116
Gambar 4.4. Analisis <i>Step Up Rate Test</i> Manual Sumur SI-7	116
Gambar 4.5. Analisis <i>Step Down Rate Test</i> SI-7 oleh <i>Service Company</i>	117

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

Gambar 4.6.	<i>Analisis Step Down Rate Test Manual</i> Sumur SI-7	117
Gambar 4.7.	<i>Minifrac Test</i> Sumur SI-7.....	118
Gambar 4.8.	<i>Minifrac G-Function</i> Sumur SI-7.....	119
Gambar 4.9.	Hasil <i>Redesign</i> dari Simulasi <i>Software Mfrac</i> Sumur SI-7.....	120
Gambar 4.10.	<i>Mainfrac Actual Treatment</i> Sumur SI-7	121
Gambar 4.11.	Hasil <i>Mainfrac</i> Sumur SI-7	123
Gambar 4.12.	Kurva Analisa Nodal Q_0 vs P_{wf} Sumur SI-7	133

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1. Persamaan-persamaan untuk Mencari Panjang Rekahan (L), Lebar Rekahan Maksimum (W), dan Tekanan Injeksi (P), dengan Menganggap Laju Injeksi Konstan	66
Tabel III-2. Harga C_1 sampai C_6	66
Tabel IV-1. Data Lapangan Sumur SI-7	96
Tabel IV-2. Data Reservoir Sumur SI-7	97
Tabel IV-3. Data Sumur SI-7	97
Tabel IV-4. Data Litologi Batuan Sumur SI-7.....	98
Tabel IV-5. Data Mekanika Batuan Sumur SI-7.....	99
Tabel IV-6. <i>Frac Fluid Properties</i> Sumur SI-7	99
Tabel IV-7. <i>Proppant Properties</i> Sumur SI-7.....	100
Tabel IV-8. Data Geometri Rekahan Sumur SI-7	102
Tabel IV-9. Hasil Iterasi Perhitungan Sumur SI-7.....	105
Tabel IV-10. Data Perhitungan Tekanan Injeksi dan <i>Horse Power</i> Pompa Sumur SI-7.....	105
Tabel IV-11. Data Perhitungan Fluida Perekah dan Massa <i>Proppant</i> Sumur SI-7	108
Tabel IV-12. <i>Stage Time</i> untuk Setiap PPGA Sumur SI-7	112
Tabel IV-13. <i>Treatment Time Pumping Schedule</i> Sumur SI-7	113
Tabel IV-14. Perbandingan Desain Operasi Aktual dengan Perhitungan Desain Operasi Manual Sumur SI-7.....	113
Tabel IV-15. <i>Pumping Schedule</i> untuk Desain Ulang Perekahan Hidraulik Sumur SI-7.....	120
Tabel IV-16. <i>Actual Pumping Schedule</i> Sumur SI-7	122
Tabel IV-17. Aktual Volume Fluida Perekah dan Jumlah <i>Proppant</i> Sumur SI-7	122
Tabel IV-18. Hasil Aktual Geometri Rekahan Sumur SI-7	123

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

	Halaman
Tabel IV-19. Perbandingan <i>Fracture Properties</i> Sumur SI-7	124
Tabel IV-20. Perbandingan Konduktivitas Rekahan Sumur SI-7	125
Tabel IV-21. Data untuk Evaluasi k_{avg} Sumur SI-7	126
Tabel IV-22. Data untuk Evaluasi k_{avg} <i>Post Job Report</i> Sumur SI-7.....	127
Tabel IV-23. Hasil Evaluasi Permeabilitas Rata-Rata Formasi Sumur SI-7	128
Tabel IV-24. Data untuk Perhitungan PI Metode Cinco-Ley, Samaniego, dan Dominique Sumur SI-7.....	128
Tabel IV-25. Input Data <i>Software Pipesim</i> Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur SI-7.....	131
Tabel IV-26. Input Data <i>Software Pipesim</i> Sesudah <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur SI-7.....	131