

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi	4
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN UMUM LAPANGAN "ILY"	9
2.1. Sejarah Lapangan	9
2.2. Letak Geografis Lapangan "ILY"	9
2.3. Tinjauan Geologi Regional Cekungan Jawa Barat Utara	9
2.3.1. Tektonostratigrafi	10
2.3.2. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara	11
2.4. <i>Petroleum System</i>	15
2.4. Tinjauan Sumur "AAI-59"	18

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

BAB III DASAR TEORI	20
3.1. <i>Hydraulic Fracturing</i>	20
3.2. Mekanisme Perekahan Batuan	21
3.3. Mekanika Batuan	21
3.4. <i>Fracturing Fluid</i>	28
3.4.1. Jenis-Jenis Fluida Perekah	30
3.4.1.1. <i>Water Based Fluid</i>	30
3.4.1.2. <i>Oil Based Fluid</i>	34
3.4.1.3. <i>Emmulsion Based Fluid</i>	36
3.4.1.4. <i>Foam Based Fluid</i>	36
3.4.2. <i>Additive dan Chemicals</i> Pada Fluida Perekah	36
3.4.3. <i>Fracturing Fluid Properties</i>	38
3.4.3.1. <i>Rheology</i>	38
3.4.3.2. <i>Fluid Loss (Leak-Off)</i>	43
3.4.3.3. Hidrolika Fluida Perekah	44
3.4.3.3.1. Kehilangan Tekanan Aliran Fluida Perekah	44
3.4.3.3.2. <i>Horse Power Pompa</i>	47
3.4.3.4. <i>Crown Time</i>	48
3.4.3.5. <i>Break Time</i>	49
3.4.3.5. <i>Break Time</i>	50
3.5. Material Penganjal (<i>Proppant</i>)	51
3.5.1. Jenis <i>Proppant</i>	51
3.5.1.1. Pasir Alami (<i>Sand</i>)	52
3.5.1.2. <i>Proppant</i> Berlapis Resin (<i>Resin Coated Proppant</i>)	52
3.5.1.3. <i>Proppant</i> Keramik (<i>Ceramic Proppant</i>)	53
3.5.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i>	54
3.5.3. Sifat Fisik <i>Proppant</i>	55
3.5.4. Pemilihan dan Transportasi <i>Proppant</i>	56
3.5.5. Konduktivitas Rekahan	58
3.6. Model Geometri Rekahan	60

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

3.6.1. Model Howard & Fast	61
3.6.2. Model PKN dan Model KGD	63
3.6.3. Model Geometri Tiga Dimensi	67
3.7. Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	68
3.7.1. Data <i>Pre-Frac</i>	68
3.7.1.1. <i>Formation Breakdown (Mini Fall Off) Test</i>	69
3.7.1.2. <i>Step Rate Test</i>	69
3.7.1.3. <i>Back-Flow Test</i>	71
3.7.1.4. <i>Shut In Decline Test</i>	72
3.7.1.5. <i>MiniFrac/Calibration Injection</i>	73
3.7.2. <i>Main Frac</i>	74
3.7.3. Analisa Tekanan Rekah <i>Hydraulic Fracturing</i>	74
3.8. Evaluasi Desain Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	75
3.8.1. Perbandingan Kenaikan Produktivitas Sumur / Folds of Increase (FOI)	75
3.9. Pengenalan <i>Software MFrac</i>	77
3.9.1. <i>Input Data Option</i>	78
3.9.2. <i>Input Data Well Hydraulic</i>	78
3.9.3. <i>Input Completion</i>	78
3.9.4. <i>Input Reservoir Rock Properties Data</i>	78
3.9.5. <i>Input Treatment Data</i>	78
BAB IV ANALISA PERENCANAAN & OPTIMASI FRACTURING	
<i>FLUID SUMUR "AAI-59" LAPANGAN "ILY"</i>	80
4.1. Pengumpulan Data	80
4.1.1. Data Reservoir	80
4.1.2. Data <i>Rock Properties</i> dan <i>In-Situ Stress</i>	81
4.1.3. Data Kompleksi Sumur	84
4.2. Pemilihan Kegiatan Stimulasi Pada Sumur AAI-59	88
4.3. Performa Sumur AAI-59 Sebelum Dilakukan Perekahan	91
4.4. Persiapan Pekerjaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	94
4.4.1. Pelaksanaan <i>Pre-Frac Test</i>	94
4.4.1.1. <i>Step-Rate Test</i>	94

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

4.4.1.2. <i>Mini-Frac Test</i>	96
4.4.2. Pemilihan Fluida Perekah	96
4.4.2.1. Uji Laboratorium Fluida Perekah	102
4.4.2.1.1. Analisa Uji Kualitas Air	103
4.4.2.1.2. Analisa Uji <i>Fracturing Fluid</i>	109
4.4.2.2. Perhitungan Biaya <i>Fracturing Fluid</i>	123
4.4.2.3. <i>Regain Permeability</i>	126
4.4.2.4. Performa Hidrolika Fluida Perekah	128
4.5. Simulasi Desain <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur AAI-59	132
4.6. Prediksi Peningkatan <i>Performance</i> Setelah Perekahan	136
4.6.1. Perkiraan Peningkatan Permeabilitas Rata-Rata Formasi ...	136
4.6.2. Perhitungan <i>Folds of Increase</i> (FOI)	137
4.6.3. Perkiraan Peningkatan <i>Productivity Index</i>	139
4.6.4. Perkiraan Peningkatan <i>Inflow Performance Relationship</i> (IPR)	141
4.7. Analisa Optimasi Penggunaan Fluida Perekah	145
BAB V PEMBAHASAN	148
BAB VI KESIMPULAN	156
DAFTAR PUSTAKA	158
LAMPIRAN	161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> Optimasi <i>Fracturing Fluid</i>	6
Gambar 2.1. Peta Lapangan ILY	9
Gambar 2.2. Kolom Stratigrafi Cekungan Jawa Barata Utara	15
Gambar 2.3. Kolom Stratigrafi & <i>Petroleum System</i> Cekungan Jawa Barat Utara	18
Gambar 3.1. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama	22
Gambar 3.2. Skematik Dari Harga-harga <i>Stress</i> Terhadap Kedalaman	23
Gambar 3.3. Perubahan Permukaan Akibat Erosi	24
Gambar 3.4. Deformasi Batuan Akibat <i>Stress</i>	25
Gambar 3.5. Hubungan <i>Stress-Strain</i> Untuk Material Elastis	25
Gambar 3.6. Perhitungan <i>Poisson's Ratio</i>	26
Gambar 3.7. Modulus <i>Shear</i>	27
Gambar 3.8. Modulus <i>Bulk</i>	27
Gambar 3.9. <i>Mono-Saccharides</i> D-mannose dan D-glactose	32
Gambar 3.10. Struktur Polimetrik Guar	32
Gambar 3.11. <i>Apparent Viscosity</i> dari <i>Linear Polymer</i> Hasil Pelarutan	33
Gambar 3.12. <i>Proposed Structure of the Alluminium Phosphate Ester</i> <i>Polymer Chain</i>	35
Gambar 3.13. Diagram Alir Pemilihan Fluida Perekah	38
Gambar 3.14. Hubungan <i>Shear Rate</i> vs <i>Shear Stress</i> Pada Beberapa Jenis Fluida	39
Gambar 3.15. Hubungan <i>Shear Rate</i> vs <i>Shear Power Law Fluid</i> pada <i>Log-log Plot</i>	40
Gambar 3.16. <i>Apparent Viscosity</i> Menggunakan Persamaan <i>Power</i> <i>Law</i>	41
Gambar 3.17. Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Beberapa Konsentrasi Polimer HPG	42

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

Gambar 3.18. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama	43
Gambar 3.19. Fluida Perekah Sebelum Terjadi <i>Cross-link</i> (<i>Vortex</i> Terbuka)	48
Gambar 3.20. Fluida Perekah Setelah Terjadi <i>Cross-link</i> (<i>Vortex</i> Tertutup)	49
Gambar 3.21. Fluida Perekah Setelah Terjadi <i>Cross-link</i> Sempurna	49
Gambar 3.22. Jenis-jenis <i>Proppant</i> dengan Ukuran 20/40 <i>Mesh</i>	52
Gambar 3.23. Pemilihan <i>Proppant</i> Berdasarkan <i>Closure Pressure</i>	56
Gambar 3.24. Ilustrasi Penempatan <i>Proppant</i>	58
Gambar 3.25. Skematik Model PAN <i>American Howard-Fast</i>	61
Gambar 3.26. Skematik Model PAN <i>American Howard-Fast</i>	63
Gambar 3.27. Skematik dari Pengembangan Linier <i>Fracturing</i> Menurut Metode KGD	64
Gambar 3.28. Prediksi Geometri Rekahan <i>P3D Models</i>	67
Gambar 3.29. Prediksi Geometri Rekahan <i>P3D Models Tip Lumped</i> <i>Parameter Model</i>	68
Gambar 3.30. <i>Formation Breakdown / Mini Fall Off Test</i>	68
Gambar 3.31. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Test</i>	69
Gambar 3.32. Analisa <i>Step Down Rate Test</i>	70
Gambar 3.33. Skematik dari Pelaksanaan <i>Backflow Test</i>	71
Gambar 3.34. <i>Plot Bottomhole Pressure vs $\sqrt{\Delta t}$</i>	72
Gambar 3.35. Skematik dari Pelaksanaan <i>Minifrac</i>	73
Gambar 3.36. Pola Tekanan pada <i>Hydraulic Fracturing</i>	74
Gambar 3.37. Grafik Hubungan antara rw' dan F_{CD} Menurut <i>Cinco-</i> <i>Ley dan Samaniego</i>	76
Gambar 4.1. Model Geomekanika Sumur AAI-59	82

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

Gambar 4.2. Profil Sumur AAI-59	84
Gambar 4.3. Riwayat Produksi Sumur AAI-59	90
Gambar 4.4. Kurva IPR Sumur AAI-59 Sebelum Perekahan	92
Gambar 4.5. <i>Breakdown Test</i> Sumur AAI-59	93
Gambar 4.6. Grafik <i>Step-Rate Test</i> Sumur AAI-59	94
Gambar 4.7. Grafik <i>Step-Up Diagnostic</i> Sumur AAI-59	94
Gambar 4.8. Grafik <i>Step-Down Diagnostic</i> Sumur AAI-59	95
Gambar 4.9. Grafik <i>Mini Frac Test</i> Sumur AAI-59	96
Gambar 4.10. Grafik <i>Closure Analysis</i> Sumur AAI-59	97
Gambar 4.11. Grafik <i>After Closure Analysis</i> Sumur AAI-59	97
Gambar 4.12. Pengaruh pH Terhadap Efektivitas Penggunaan <i>Borate</i>	100
Gambar 4.13. pH Meter	102
Gambar 4.14. Kolorimeter HACH DR 820	104
Gambar 4.15. <i>Automated Viscometer Chandler 3530</i>	109
Gambar 4.16. <i>Viscometer Chandler HTHP 5550</i>	111
Gambar 4.17. Contoh <i>Schedule Viscometer Chandler HTHP 5550</i>	112
Gambar 4.18. Contoh <i>References Viscometer Chandler HTHP 5550</i>	113
Gambar 4.19. Grafik Viskositas <i>Cross-linked Fluid 35 pptg System</i> <i>Viscometer Chandler HPHT 5550</i>	115
Gambar 4.20. Grafik n' k' <i>Cross-linked Fluid 35 pptg System</i>	116
Gambar 4.21. Grafik Viskositas <i>Cross-linked Fluid 40 pptg System</i> <i>Viscometer Chandler HPHT 5550</i>	118
Gambar 4.22. Grafik n' k' <i>Cross-linked Fluid 40 pptg System</i>	119
Gambar 4.23. Grafik Viskositas <i>Cross-linked Fluid 45 pptg System</i> <i>Viscometer Chandler HPHT 5550</i>	121
Gambar 4.24. Grafik n' k' <i>Cross-linked Fluid 45 pptg System</i>	122

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

Gambar 4.25. Grafik Konsentrasi Fluida Perekah vs <i>Permeability</i> <i>Damage</i>	127
Gambar 4.26. Hidrolika Fluida Perekah Masing-masing Konsentrasi Sistem	131
Gambar 4.27. Hasil Geometri Rekahan Simulasi MFrac Sumur AAI-59 dengan Fluida 35 pptg <i>System</i>	133
Gambar 4.28. Hasil Geometri Rekahan Simulasi MFrac Sumur AAI-59 dengan Fluida 40 pptg <i>System</i>	133
Gambar 4.29. Hasil Geometri Rekahan Simulasi MFrac Sumur AAI-59 dengan Fluida 45 pptg <i>System</i>	134
Gambar 4.30. IPR Metode Vogel (FOI Cinco-Ley Samaniego) Sumur AAI-59	142
Gambar 4.31. IPR Simulasi PIPESIM Sumur AAI-59	144
Gambar 4.32. FOI Metode Cinco-Ley Samaniego & Simulasi PIPESIM Sumur AAI-59	145
Gambar 4.33. Biaya yang Dibutuhkan Untuk Masing-masing Konsentrasi Fluida Perekah Pada Sumur AAI-59	147
Gambar B.1. Bahan <i>Base Gel</i>	194
Gambar B.2. Bahan <i>On-Fly</i>	194
Gambar B.3. Pengukuran Konsentrasi Masing-Masing Material Fluida Perekah	195
Gambar B.4. Tahapan Hidrasi <i>Guar Gum</i>	195
Gambar B.5. Pembuatan <i>Base-Gel</i>	196
Gambar B.6. Percampuran <i>Base-Gel</i> Dengan <i>On-Fly</i> Untuk Membentuk <i>Cross-linked Frac Fluid</i>	196

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

Gambar B.7. Pengujian <i>Rheology</i>	197
Gambar B.8. <i>Cross-linked Frac Fluid</i> yang Terbentuk	197
Gambar B.9. <i>Cross-linked Fluid</i> Dimasukkan ke Dalam <i>Water-Bath</i> untuk Memanaskan <i>Frac Fluid</i> Agar <i>Break</i>	198
Gambar B.10. Fluida Perekah yang Sudah <i>Break</i>	198
Gambar C.1. <i>Input Data Option</i> untuk <i>Setting</i> Awal MFrac	200
Gambar C.2. <i>Input General Data</i>	201
Gambar C.3. <i>Input Well Deviation Data</i>	201
Gambar C.4. <i>Input Well Deviation Data</i> (Lanjutan)	202
Gambar C.5. <i>Input Well Deviation Data</i> (Lanjutan)	202
Gambar C.6. <i>Input Well Deviation Data</i> (Lanjutan)	203
Gambar C.7. <i>Input Casing Setting Depth</i> dan Spesifikasi <i>Casing</i>	203
Gambar C.8. <i>Input Restriction Data</i>	204
Gambar C.9. <i>Input Data Option</i> untuk <i>Setting</i> Awal MFrac	204
Gambar C.10. <i>Input BHTP References</i>	205
Gambar C.11. <i>Well Profile</i> yang Sudah di Input	205
Gambar C.12. <i>Input Perforation Zone Data</i>	206
Gambar C.13. <i>Input Perforation Data</i>	206
Gambar C.14. <i>Input Pay Zone Data</i>	207
Gambar C.15. <i>Input Fractures Data</i>	207
Gambar C.16. <i>Input Near Wellbore Data</i>	208
Gambar C.17. <i>Input Rock Properties Data</i>	208
Gambar C.18. <i>Input Fluid Loss Data</i>	209
Gambar C.19. <i>Input Heat Transfer Data</i>	209
Gambar C.20. <i>Input Treatment Schedule Data</i>	210
Gambar C.21. <i>Input Proppant Criteria Data</i>	210

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

Gambar D.1. <i>Input Tubulars Data</i>	224
Gambar D.2. <i>Input Well Deviation Survey</i>	224
Gambar D.3. <i>Input Downhole Equipment</i>	225
Gambar D.4. <i>Input Artificial Lift Data</i>	225
Gambar D.5. <i>Input Heat Transfer Data</i>	226
Gambar D.6. <i>Input Completion Data (Reservoir)</i>	226
Gambar D.7. <i>Input Completion Data (Fluid Model)</i>	227
Gambar D.8. <i>Nodal Analysis Input Simulation</i>	227
Gambar D.9. <i>Nodal Analysis Output Simulation</i>	228
Gambar D.10. <i>Input Completion Data (Reservoir) Setelah Hydraulic Fracturing dengan Fluida Perekah 35 pptg</i>	229
Gambar D.11. <i>Nodal Analysis Output Simulation Setelah Hydraulic Fracturing dengan Fluida Perekah 35 pptg</i>	229
Gambar D.12. <i>Input Completion Data (Reservoir) Setelah Hydraulic Fracturing dengan Fluida Perekah 40 pptg</i>	230
Gambar D.13. <i>Nodal Analysis Output Simulation Setelah Hydraulic Fracturing dengan Fluida Perekah 40 pptg</i>	230
Gambar D.14. <i>Input Completion Data (Reservoir) Setelah Hydraulic Fracturing dengan Fluida Perekah 45 pptg</i>	231
Gambar D.15. <i>Nodal Analysis Output Simulation Setelah Hydraulic Fracturing dengan Fluida Perekah 45 pptg</i>	231

DAFTAR TABEL

Tabel III-1. Jenis-Jenis <i>Additive</i> Fluida Perekah	37
Tabel III-2. Dua Jenis Formulasi Fluida Perekah <i>Guar Gum</i>	50
Tabel III-3. Hasil Pengujian Residu Fluida Perekah <i>Guar Gum</i>	50
Tabel III-4. Karakteristik <i>Proppant</i> Berdasarkan Desitas dan <i>Closure Pressure</i>	54
Tabel III-5. Persamaan-Persamaan untuk Mencari Panjang Rekahan L, Lebar Rekahan Maksimum W, dan Tekanan Injeksi P, dan Dianggap Laju Injeksi Konstan	65
Tabel III-6. Harga C_1 Sampai C_6	65
Tabel IV-1. Data Lapangan Sumur AAI-59	79
Tabel IV-2. Data Reservoir Sumur AAI-59	80
Tabel IV-3. Litologi Batuan Sumur AAI-59	81
Tabel IV-4. Data Mekanika Batuan Sumur AAI-59	81
Tabel IV-5. Data Sumur AAI-59	85
Tabel IV-6. Data <i>Hole Geometry Survey</i> Sumur AAI-59	86
Tabel IV-7. Rekomendasi <i>Treatment Stimulasi</i> Lapisan Karbonat Berdasarkan Simulasi	88
Tabel IV-8. Kelebihan <i>Hydraulic Fracturing</i> dan <i>Acid Fracturing</i>	89
Tabel IV-9. Kekurangan <i>Hydraulic Fracturing</i> dan <i>Acid Fracturing</i>	89
Tabel IV-10. Data untuk Perhitungan IPR Sebelum Perekahan Sumur AAI-59	91
Tabel IV-11. P_{wf} vs Q untuk Membuat IPR Sebelum Perekahan Sumur AAI-59	92
Tabel IV-12. Data Hasil <i>Min-Frac Test</i> Sumur AAI-59	98
Tabel IV-13. Karakteristik <i>Cross-link Agent</i> yang Umum Digunakan	99
Tabel IV-14. <i>Quantitative Fluid Selection Chart</i>	100
Tabel IV-15. Hasil Pengujian Analisis Kualitas Air	107

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

Tabel IV-16. Bahan Pembuatan <i>Base Gel</i>	108
Tabel IV-17. Hasil Pengujian <i>Rheology Base Gel</i>	110
Tabel IV-18. <i>On-Fly Fluid</i>	110
Tabel IV-19. Hasil Pengujian <i>Rheology Cross-linked Fluid 35 pptg System</i> <i>Viscometer Chandler HPHT</i>	115
Tabel IV-20. Hasil Pengujian <i>Rheology Cross-linked Fluid 40 pptg System</i> <i>Viscometer Chandler HPHT</i>	118
Tabel IV-21. Hasil Pengujian <i>Rheology Cross-linked Fluid 45 pptg System</i> <i>Viscometer Chandler HPHT</i>	121
Tabel IV-22. <i>Fracturing Fluid 40 pptg System Cost</i>	123
Tabel IV-23. <i>Fracturing Fluid 35 pptg System Cost</i>	124
Tabel IV-24. <i>Fracturing Fluid 45 pptg System Cost</i>	125
Tabel IV-25. <i>Permeability Damage</i> Dengan Injeksi <i>Fracturing Fluid 40</i> <i>pptg System</i>	126
Tabel IV-26. <i>Permeability Damage</i> Dengan Injeksi <i>Fracturing Fluid 45</i> <i>pptg System</i>	126
Tabel IV-27. <i>Permeability Damage</i> Fluida Perekah.....	127
Tabel IV-28. Data Perhitungan Hidrolika Fluida Perekah Masing-Masing Sistem	128
Tabel IV-29. Hasil Perhitungan Hidrolika Masing-Masing Fluida Perekah...	130
Tabel IV-30. <i>Treatment Pumping Time Schedule</i> Sumur AAI-59.....	132
Tabel IV-31. Hasil Simulasi Model Geometri Rekahan Sumur AAI-59 dengan <i>Software</i> MFrac.....	134
Tabel IV-32. Permeabilitas Rata-rata Formasi Terkoreksi (<i>Regain</i> <i>Permeability</i>)	136
Tabel IV-33. Data untuk Perhitungan FOI Sumur AAI-59.....	136

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

Tabel IV-34. FOI Sumur AAI-59 Metode <i>Cinco-Ley Samaniego</i>	137
Tabel IV-35. Data untuk Perhitungan Indeks Produktivitas Sumur AAI-59..	138
Tabel IV-36. Hasil Perhitungan Indeks Produktivitas Setelah Perekahan	139
Tabel IV-37. Data Perhitungan Kurva IPR Setelah Perekahan Sumur AAI-59	140
Tabel IV-38. Hasil Perhitungan Q_{max} Masing-Masing Fluida Perekah Sumur AAI-59	141
Tabel IV-39. P_{wf} vs Q Metode Vogel (FOI <i>Cinco-Ley Samaniego</i>) Sumur AAI-59	141
Tabel IV-40. P_{wf} vs Q Simulasi PIPESIM Sumur AAI-59	143

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. <i>Post Job Report Hydraulic Fracturing</i> Sumur AAI-59 Lapangan ILY	161
LAMPIRAN B. Pengujian Laboratorium Fluida Perekah Dengan Konsentrasi Sistem 35 pptg, 40 pptg, dan 45 pptg	193
LAMPIRAN C. Prosedur & hasil Simulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> Dengan <i>Software MFrac</i>	199
LAMPIRAN D. Prosedur Analisa Nodal Dengan <i>Software PIPESIM</i>	223