

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan	1
1.3. Ruang Lingkup.....	2
1.4. Tempat Pelaksanaan.....	2
1.5. Metodologi Penelitian	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN	4
2.1. Letak Geografis dan Sejarah Lapangan “K”	4
2.2. Kondisi Geologi Lapangan “K”	5
2.2.1. Kerangka Tektonik	5
2.2.2. Fisiografi Cekungan Sumatera Selatan	5
2.2.3. Stratigrafi Cekungan Sumatera Selatan	6
2.2.4. <i>Petroleum System</i>	10
2.2.5. Peta Struktur Lapisan A1	12
2.3. Data Sumur C-29.....	13
2.3.1. Data Kompleksi Sumur C-29	13
2.3.2. Data Mekanika Batuan Sumur C-29	13
2.3.3. Data <i>Formation Properties</i> Sumur C-29.....	14
2.3.4. Data Perolehan Sumur C-29.....	15

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

	Halaman
BAB III. DASAR TEORI PEREKAHAN HIDRAULIK.....	16
3.1. Analisa Kerusakan Formasi	16
3.2. Mekanisme Perekahan Batuan	18
3.2.1. Mekanika Batuan untuk Operasi Perekahan Hidraulik.....	18
3.2.1.1. <i>Stress</i> dan <i>Strain</i>	19
3.2.1.2. <i>Poisson Ratio</i>	21
3.2.1.3. <i>Modulus Young</i>	22
3.2.1.4. <i>Plane-Strain Modulus</i>	23
3.2.1.5. Tekanan <i>Overburden</i>	24
3.3. Fluida Perekah.....	24
3.3.1. Mekanika Fluida Perekahan Hidraulik.....	25
3.3.1.1. Rheologi Fluida Perekah	25
3.3.1.2. <i>Fluid Loss (Leak Off)</i>	26
3.3.2. Fluida Dasar dan Aditif	31
3.3.2.1. Fluida Dasar	31
3.3.2.2. <i>Additive</i>	34
3.4. Material Pengganjal (<i>Proppant</i>).....	40
3.4.1. Jenis <i>Proppant</i>	41
3.4.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i>	42
3.4.3. Sifat Fisik <i>Proppant</i>	44
3.4.4. Transportasi <i>Proppant</i>	45
3.4.5. Konduktivitas Rekahan	46
3.5. Model Geometri Rekahan Dua Dimensi	51
3.5.1. Model PAN <i>American</i>	52
3.5.2. Model PKN (<i>Perkins, Kern, dan Nordgen</i>).....	54
3.5.3. Model KGD (<i>Kristianovich, Geertsma, dan de Klerk</i>)	57
3.6. Persiapan Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	60
3.6.1. <i>DataFRAC</i>	60
3.6.2. <i>Formation BreakDown</i>	60
3.6.3. Data Lapangan yang Lalu	60
3.6.4. <i>Step Rate Test</i>	62
3.6.5. <i>Shut-in Decline Test</i>	63
3.6.6. <i>Backflow Test</i>	64
3.6.7. <i>Minifrac</i>	65
3.6.8. <i>Leak-off Test</i>	66
3.7. Analisa Tekanan Rekah <i>Hydraulic Fracturing</i>	66
3.8. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	67
3.8.1. Geometri Rekahan.....	68

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

	Halaman
3.8.1.1. Perhitungan Tekanan Injeksi.....	68
3.8.1.2. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa.....	71
3.8.1.3. Perhitungan <i>Frac Fluid</i> dan <i>Proppant Properties</i>	71
3.8.2. Penerapan Metode <i>Tip Screen Out</i>	73
3.8.3. Kenaikan Permeabilitas Formasi Rata-rata.....	75
3.8.4. Evaluasi Indeks Produktivitas.....	75
3.8.4.1. Metode Darcy.....	76
3.8.4.2. Metode Prats.....	76
3.8.4.3. Metode McGuire-Sikora.....	77
3.8.4.4. Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique.....	79
3.8.4.5. Metode Tinsley dan Soliman.....	81
3.8.5. Analisa Kelakuan Aliran dengan Kurva Inflow Performance Relationship (IPR) Tiga Fasa.....	87
3.9. Rekomendasi Desain dengan <i>Software FracCADE</i>	89
BAB IV. PERENCANAAN DAN EVALUASI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> SUMUR C-29 LAPANGAN K.....	90
4.1. Pemilihan <i>Proppant</i> dan Fluida Perekah.....	90
4.2. Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	91
4.2.1. Desain Awal <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur C-29.....	92
4.2.2. Pelaksanaan <i>DataFRAC</i>	94
4.2.3. <i>Step Rate Test</i>	95
4.2.4. <i>Mini Frac</i>	97
4.2.5. <i>DataFRAC Pressure Matching</i>	99
4.2.6. Desain Ulang Simulasi.....	100
4.2.6. <i>Main Frac</i>	102
4.3. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	104
4.3.1. Perhitungan Manual Perekahan Hidraulik.....	104
4.3.1.1. Perhitungan Geometri Rekahan.....	105
4.3.1.2. Perhitungan Tekanan Injeksi.....	111
4.3.1.3. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa.....	112
4.3.1.4. Perhitungan <i>Massa Proppant</i>	113
4.3.1.5. Peningkatan Permeabilitas Konduktivitas.....	114
4.3.2. Evaluasi Produksi.....	115
4.3.2.1. Metode Darcy.....	115
4.3.2.2. Metode Prats.....	116
4.3.2.3. Metode McGuire dan Sikora.....	117
4.3.2.4. Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique.....	119

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

	Halaman
4.3.2.5. Metode Tinsley dan Soliman	121
4.3.3. Analisa Kurva IPR Sumur C-29.....	122
BAB V. PEMBAHASAN	130
BAB VI. KESIMPULAN.....	137
DAFTAR PUSTAKA	139
LAMPIRAN.....	142

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Letak Geografis Lapangan K Sumatera Selatan	4
Gambar 2.2. Kolom Stratigrafi Cekungan Sumatra Selatan	6
Gambar 2.3. Source Rock Formasi Lemat dan TAF	10
Gambar 2.4. Struktur Lapisan A1	12
Gambar 3.1. Pengaruh <i>Skin</i> di Sekitar Sumur.....	17
Gambar 3.2. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama.....	19
Gambar 3.3. Deformasi Batuan Akibat <i>Stress</i>	20
Gambar 3.4. Grafik Hubungan <i>Stress vs Strain</i>	21
Gambar 3.5. Perhitungan <i>Poisson Ratio</i>	22
Gambar 3.6. Grafik untuk Menunjukkan <i>Modulus Young</i>	23
Gambar 3.7. Harga <i>Shear Rate vs Shear Stress</i> pada Fluida Newtonian dan Non-Newtonian	26
Gambar 3.8. Efek Temperatur pada Viskositas untuk 40 lb/1000 Gal HPG	27
Gambar 3.9. Pengaruh Kadar <i>Proppant</i> terhadap Viskositas Fluida Perekah pada Suatu Harga n'	28
Gambar 3.10. Plot Hasil Laboatorium untuk Mencari $C_w = C_{III}$	30
Gambar 3.11. Petunjuk Penggunaan Fluida Perekah untuk Sumur Gas	34
Gambar 3.12. Hubungan Antara <i>Closure Stress</i> , Permeabilitas, dan Konduktivitas <i>Proppant</i>	49
Gambar 3.13. Skematis Model PAN <i>American Howard-Fast</i>	52
Gambar 3.14. Skematik dari Pengembangan Linier Perekahan Menurut Model PKN	55
Gambar 3.15. Pengembangan Linier Perekahan Menurut Model KGD	57

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 3.16. <i>Formation Breakdown Test</i>	61
Gambar 3.17. <i>Step Rate Test</i> P dan Q terhadap T.....	62
Gambar 3.18. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Test</i>	63
Gambar 3.19. <i>Shut-in Decline Test</i>	64
Gambar 3.20. Plot P vs Akar Waktu.....	64
Gambar 3.21. <i>Backflow Test</i>	65
Gambar 3.22. Grafik Tekanan dan Laju Injeksi untuk <i>Minifrac</i>	66
Gambar 3.23. Grafik Pola Tekanan pada <i>Hydraulic Fracturing</i>	67
Gambar 3.24. Kehilangan Tekanan pada 40 lb/1000 gal <i>Guar System</i>	69
Gambar 3.25. Profil Konsentrasi <i>Proppant</i> pada <i>Tip Screen Out</i>	74
Gambar 3.26. Grafik Mc-Guire Sikora untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas	78
Gambar 3.27. Grafik Hubungan rw' dan FCD.....	80
Gambar 3.28 Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,1$	82
Gambar 3.29. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,2$	82
Gambar 3.30. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,3$	83
Gambar 3.31. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,4$	83
Gambar 3.32. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,5$	84
Gambar 3.33. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,6$	84
Gambar 3.34. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,7$	85
Gambar 3.35. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,8$	85
Gambar 3.36. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 0,9$	86
Gambar 3.37. Kurva Kenaikan Produktivitas untuk $(hf/h) = 1$	86
Gambar 4.1. Perencanaan Geometri Perekahan Awal Sumur C-29	92
Gambar 4.2. <i>Step Rate Test Analysis</i> Sumur C-29	95

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.3. <i>Step Up Rate Test Analysis Plot Sumur C-29</i>	96
Gambar 4.4. <i>Step Down Rate Test Analysis Plot Sumur C-29</i>	97
Gambar 4.5. <i>Mini Frac Sumur C-29</i>	98
Gambar 4.6. <i>Analisa Closure Pressure dengan Metode G-function</i>	98
Gambar 4.7. <i>Grafik Surface Pressure vs Horner-TC Hasil MiniFRAC</i> <i>Sumur C-29</i>	99
Gambar 4.8. <i>Grafik Pressure Matching</i>	100
Gambar 4.9. Hasil Desain Ulang dari Simulasi <i>Software FracPro</i>	101
Gambar 4.10. <i>Grafik MainFRAC Actual Treatment</i>	102
Gambar 4.11. Hasil <i>MainFRAC</i>	103
Gambar 4.12. <i>Pumping Schedule Desain Rekahan Software FracCADE</i>	109
Gambar 4.13. Hasil Model Geometri Rekahan <i>Software FracCADE</i>	110
Gambar 4.14. Geometri Rekahan 3D.....	110
Gambar 4.15. <i>Summary FracCADE</i>	111
Gambar 4.16. <i>Grafik Hubungan Relative Conductivity vs Produktivitas</i>	118
Gambar 4.17. <i>Grafik Fcd vs Rw'/Xf</i>	120
Gambar 4.18. <i>Grafik Hubungan X vs Y Tinsley and Soliman</i>	122
Gambar 4.19. Kurva IPR Metode Pudjo Sukarno Sumur C-29 <i>Sebelum Perekahan</i>	126
Gambar 4.20. Kurva IPR Metode Pudjo Sukarno Sumur C-29 <i>Setelah Perekahan</i>	129

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel II-1.	Data Kompleksi Sumur C-29 Lapangan K	13
Tabel II-2.	Data Mekanika Batuan Sumur C-29 Lapangan K.....	14
Tabel II-3.	<i>Formation Properties</i> Data Sumur C-29 Lapangan K.....	14
Tabel II-4.	Data Perolehan Sumur C-29 Lapangan K.....	15
Tabel III-1.	Spesifikasi Ukuran <i>Mesh Proppant CarboLITE</i>	43
Tabel III-2.	<i>Sifat Fisik Proppant CarboLITE</i>	43
Tabel III-3.	Batas Maksimum yang Dijinkan Untuk Crush Resistance	45
Tabel III-4.	<i>Complementary Error Function</i>	54
Tabel III-5.	Persamaan untuk Mencari Panjang Rekahan (L), Lebar Rekahan Maksimum (w), dan Tekanan Injeksi (P) jika Dianggap Laju Injeksi Konstan.....	58
Tabel III-6.	<i>Harga C1 sampai C6</i>	58
Tabel III-7.	Harga Fungsi untuk Persamaan Mark-Langenheim untuk <i>Term Fluid Loss</i>	59
Tabel III-8.	Konstanta A0, A1, dan A2	88
Tabel IV-1.	Jenis Fluida dan Additif pada Sumur C-29	91
Tabel IV-2.	Data Proppant CarboLITE 20/40	91
Tabel IV-3.	<i>Pumping Schedule</i> untuk Desain Awal Perekahan Hidraulik ..	93
Tabel IV-4.	Desain Awal <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur C-29.....	93
Tabel IV-5.	Data Tekanan Pemompaan.....	94
Tabel IV-6.	Rencana Jumlah Fluida Perekah dan <i>Proppant</i>	94
Tabel IV-7.	<i>Pumping Schedule</i> untuk Desain Ulang Perekahan Hidraulik.	100
Tabel IV-8.	Estimasi Volume Fluida Perekah dan Jumlah <i>Proppant</i>	101
Tabel IV-9.	Geometri Rekahan Setelah Desain Ulang	102
Tabel IV-10.	Geometri Rekahan <i>MainFRAC</i>	104

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

	Halaman
Tabel IV-11. Data Sumur C-29 untuk Perhitungan Geometri Rekahan Metode PKN 2D.....	105
Tabel IV-12. Hasil Iterasi Perhitungan Sumur C-29	108
Tabel IV-13. Perbandingan Hasil Aktual <i>FracPro</i> dengan Perhitungan Manual Geometri Rekahan Metode PKN Sumur C-29.....	108
Tabel IV-14. Data - Data Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan dan <i>Horse Power</i> Pompa	111
Tabel IV-15. Data-data Perhitungan Massa Proppant	113
Tabel IV-16. Perbandingan Beberapa Parameter <i>Hydraulic Fracturing</i> pada Hasil Aktual, Perhitungan Manual, dan <i>Software</i>	114
Tabel IV-17. Data Aktual Geometri Rekahan Sumur C-29.....	114
Tabel IV-18. Data Perhitungan PI Metode Darcy	116
Tabel IV-19. Data Perhitungan PI Metode Prats	117
Tabel IV-20. Data Perhitungan PI Metode McGuire dan Sikora	118
Tabel IV-21. Data Perhitungan PI Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique	119
Tabel IV-22. Data Perhitungan PI Metode Tinsley dan Soliman	121
Tabel IV-23. Data Produksi Sumur C-29 Sebelum dan Setelah <i>Hydraulic Fracturing</i>	123
Tabel IV-24. Hasil Perhitungan IPR Metode Pudjo Sukarno <i>PreJob</i> Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	125
Tabel IV-25. Hasil Perhitungan IPR Metode Pudjo Sukarno <i>Post Job</i> Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	128

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Data <i>Fracturing Summary</i>	142
Lampiran B	Data <i>Logging Sumur C-29</i>	143
Lampiran C	Data <i>Treating Pressure</i>	144
Lampiran D	Data Tekanan <i>Minifrac</i>	145
Lampiran E	Data Pengukuran <i>Bottom Hole Pressure</i> dan Hasil Analisisnya	146
Lampiran F	<i>Flowchart</i>	147