

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	1
1.3. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Skripsi	2
1.4. Metodologi Pelaksanaan Skripsi	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN SB	5
2.1. Letak Geografis dan Sejarah Lapangan “SB”	5
2.2. Kondisi Geologi Lapangan “SB”	6
2.2.1. Stratigrafi Lapangan SB.....	6
2.2.2. Batuan Pra-Tersier	6
2.2.3. Batuan Tersier	7
2.3. Struktur Geologi	10
2.3.1. Struktur Geologi Regional	10
2.2.2. Struktur Geologi Cekungan Ombilin	11
BAB III. DASAR TEORI STIMULASI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i>	13
3.1. Analisa Kerusakan Formasi	14
3.2. Mekanika Batuan	15
3.2.1. <i>Stress</i>	15
3.2.2. <i>Strain</i>	16
3.2.3. <i>Modulus Young</i>	18

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
3.2.4. <i>Poisson Ratio</i>	19
3.2.5. <i>Plane-Strain Modulus</i>	19
3.3. Fluida Perekah	19
3.3.1. Rheologi Fluida Perekah	20
3.3.2. <i>Fluid Loss (Leak Off)</i>	23
3.3.3. Fluida Dasar dan Aditif	26
3.3.2.1. Fluida Dasar	26
3.3.2.2. Aditif	29
3.4. Material Pengganjal (<i>Proppant</i>)	30
3.4.1. Jenis Proppant	30
3.4.1.1. Pasir Alami	30
3.4.1.2. Pasir Berlapis Resin	31
3.4.1.3. <i>Proppant</i> Keramik	32
3.4.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i>	32
3.4.3. Konduktivitas Rekahan	33
3.4.4. Transportasi <i>Proppant</i>	35
3.5. Model Geometri Rekahan	36
3.5.1. <i>PAN American Model</i>	37
3.5.2. <i>PKN</i> dan <i>KGD</i>	38
3.6. Persiapan <i>Hydraulic FRACTuring</i>	44
3.6.1. <i>DataFRAC</i>	44
3.6.1.1. <i>Step Rate Test</i>	44
3.6.1.2. <i>MiniFRAC</i>	45
3.7. Analisa Tekanan Rekah <i>Hydraulic Fracturing</i>	46
3.8. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	47
3.8.1. Geometri Rekahan	47
3.8.1.1. Perhitungan Tekanan Injeksi	48
3.8.1.2. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa	50
3.8.1.3. Perhitungan Massa <i>Proppant</i>	51
3.8.2. Penerapan Metode <i>Tip Screen Out</i>	53
3.8.3. Kenaikan Permeabilitas Formasi Rata-rata.....	54
3.8.4. Evaluasi Indeks Produktivitas	55
3.8.4.1. Metode Darcy	55
3.8.4.2. Metode Prats	56
3.8.4.3. Metode McGuire-Sikora	56
3.8.4.4. Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique	58
3.8.4.5. Metode Tinsley dan Soliman	60
3.8.5. Analisa Kelakuan Aliran dengan Kurva <i>Inflow</i> <i>Performance Relationship (IPR)</i> Gas	62

**DAFTAR ISI
(Lanjutan)**

	Halaman
3.8.6. Pengenalan <i>Software</i> Pipesim Untuk Analisa Produksi	64
BAB IV. EVALUASI PENERAPAN <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> SUMUR Z-02 LAPANGAN SB	67
4.1. Alasan Dilakukan <i>Hydraulic Fracturing</i>	67
4.2. Data Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i>	67
4.3. Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i>	69
4.3.1. Pemilihan Fluida Perekah dan <i>Proppant</i>	70
4.4. Pelaksanaan Perekahan Hidraulik	72
4.4.1. <i>Step Rate Test</i>	72
4.4.2. <i>Mini Frac</i>	75
4.4.3. Desain Actual Model Geometri <i>Main Frac</i>	76
4.5. Evaluasi Keberhasilan <i>Hydraulic Fracturing</i>	79
4.5.1. Evaluasi Project Model Geometri Rekahan.....	79
4.5.1.1. Perhitungan Geometri Rekahan	79
4.5.1.2. Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan	84
4.5.1.3. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa.....	85
4.5.1.4. Perhitungan Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> <i>Properties</i>	85
4.5.2. Peningkatan Permeabilitas Konduktivitas	87
4.5.3. Perkiraan Peningkatan Indeks Produktivitas (PI)	88
4.5.3.1. Metode Darcy	89
4.5.3.2. Metode Prats	90
4.5.3.3. Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique	91
4.5.3.4. Metode Tinsley dan Soliman	92
4.5.3.5. Metode McGuire-Sikora	95
4.5.4. Evaluasi Kurva IPR	95
4.6. Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah <i>Hydraulic</i> <i>Fracturing</i>	107
4.7. Rekomendasi Desain dan Peramalan Laju Produksi	108
BAB V. PEMBAHASAN	112
BAB VI. KESIMPULAN	120
DAFTAR PUSTAKA	122
LAMPIRAN	123

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> Evaluasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	4
Gambar 2.1. Letak Geografis Lapangan SB	6
Gambar 2.2. Stratigrafi Lapangan SB	9
Gambar 2.3. Peta Geologi Cekungan Ombilin	10
Gambar 3.1. Skematik Proses Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	13
Gambar 3.2. Pengaruh Skin di Sekitar Sumur	15
Gambar 3.3. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama.....	16
Gambar 3.4. Deformasi Batuan Akibat <i>Stress</i>	17
Gambar 3.5. Grafik Hubungan <i>Stress vs Strain</i>	18
Gambar 3.6. Harga <i>Shear Rate vs Shear Stress</i> pada Fluida <i>Newtonian</i> dan Fluida <i>Non-Newtonian</i>	21
Gambar 3.7. Efek Temperatur Terhadap Viskositas untuk 50 lb/1000 Gal HPG	22
Gambar 3.8. Pengaruh Volume <i>Proppant</i> terhadap Viskositas <i>Frac Fluid</i>	23
Gambar 3.9. Plot Hasil Laboratorium untuk Mencari $C_w=C_{III}$	25
Gambar 3.10. Petunjuk Penggunaan Fluida <i>Fracturing</i>	29
Gambar 3.11. Spesifikasi Ukuran <i>Mesh Proppant CarboLITE</i>	33
Gambar 3.12. Sifat Fisik dan Kimia <i>Proppant CarboLITE</i>	33
Gambar 3.13. Hubungan Antara <i>Closure Stress</i> , Permeabilitas dan Konduktivitas <i>Proppant CarboLITE</i>	34
Gambar 3.14. Skematis Model Carter.....	37
Gambar 3.15. Skematik dari Pengembangan Linier <i>Fracturing</i> Menurut Metode PKN.....	38
Gambar 3.16. Skematik dari Pengembangan Linear <i>Fracturing</i> Menurut Metode KGD	39
Gambar 3.17. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Up Rate Test</i>	44
Gambar 3.18. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Down Test</i>	45
Gambar 3.19. Grafik Pola Tekanan Pada <i>Hydraulic Fracturing</i>	46

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 3.20. Kehilangan Tekanan pada 40 lb/1000 gal <i>Guar System</i> ..	48
Gambar 3.21. Profil Konsentrasi <i>Proppant</i> pada <i>Tip Screen Out</i>	54
Gambar 3.22. Grafik McGuire-Sikora untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas	57
Gambar 3.23. Grafik Hubungan rw' dan Fcd	59
Gambar 3.24. Grafik Metode Tinsley-Soliman untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas	61
Gambar 3.25. Plot Test Konvensional Untuk ΔP^2 vs q_{sc}	63
Gambar 4.1. <i>Step Rate Test Analysis</i> Stage 1 (Zone 1-2) Sumur Z-02	73
Gambar 4.2. <i>Step Up Rate Test Analysis</i> Plot Stage 1 (Zone 1-2) Sumur Z-02	74
Gambar 4.3. <i>Step Down Rate Test Analysis</i> Plot Stage 1 Sumur Z-02	74
Gambar 4.4. <i>Mini Frac</i> Stage 1 Sumur Z-02	75
Gambar 4.5. <i>Closure Pressure Analysis</i> Hasil Mini Frac Stage 1 Sumur Z-02	76
Gambar 4.6. Hasil Actual Model Geometri Stage 1 dari Simulasi Software <i>FRACPRO</i>	78
Gambar 4.7. Grafik Fcd vs Rw'/Xf	92
Gambar 4.8. Grafik Hubungan X vs Y Tinsley and Soliman	93
Gambar 4.9. Grafik Hubungan <i>Relative Conductivity</i> vs Produktivitas	95
Gambar 4.10. Plot Grafik Q vs ΔP Zone 1 (Stage 1).....	96
Gambar 4.11. Kurva IPR Pipesim Zone 1 (Stage 1) <i>Before Fracturing</i> Sumur Z-02	99
Gambar 4.12. Plot Grafik Q vs ΔP Zone 2 (Stage 1)	99
Gambar 4.13. Kurva IPR Pipesim Zone 2 (Stage 1) <i>Before Fracturing</i> Sumur Z-02	102
Gambar 4.14. Kurva IPR Composite Zone 1-2 (Stage 1) <i>Before Fracturing</i> Sumur Z-02	103

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.15. Plot Grafik Q vs ΔP (Stage 1) <i>After Fracturing</i>	104
Gambar 4.16. Kurva IPR Simulasi Pipesim Zone 1-2 <i>After Fracturing</i> (Stage 1) Sumur Z-02	106
Gambar 4.17. Kurva IPR <i>After vs Before Hydraulic Fracturing</i> Sumur Z-02	106
Gambar 4.18. <i>Pumping Schedule</i> Desain Rekahan Software <i>FracCADE</i>	108
Gambar 4.19. Hasil Model Geometri Rekahan Software FracCADE ...	109
Gambar 4.20. Geometri Rekahan 2D	109
Gambar 4.21. Geometri Rekahan 3D	110
Gambar 4.22. Peramalan Kenaikan Laju Produksi Software <i>FracCADE</i>	111

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1. Persamaan-persamaan untuk Mencari Panjang Rekahan L, Lebar Rekahan Maksimum w, dan Tekanan Injeksi p, dan dianggap Laju Injeksi Konstan	40
Tabel III-2. Harga C1 sampai C6 Pada Tabel III-1.	40
Tabel III-3. Harga Fungsi untuk Persamaan Mark-Langenheim untuk <i>Term Fluid Loss</i>	43
Tabel III-4. Konstanta A1, A2, dan A3	63
Tabel IV-1. Data Reservoir Stage 1 (Zone 1-2) Sumur Z-02 Lapangan SB.....	68
Tabel IV-2. Data Kompleksi Stage 1 (Zone 1-2) Sumur Z-02 Lapangan SB.....	68
Tabel IV-3. Data Test Produksi Sebelum Perekahan Stage 1 (Zone 1-2) Sumur Z-02	69
Tabel IV-4. Data Perforasi Stage 1 Sumur Z-02 Lapangan SB	69
Tabel IV-5. Data Mekanika Batuan Stage 1 Sumur Z-02	69
Tabel IV-6. Data Komposisi Fluida Perekah HYBOR H 35	71
Tabel IV-7. Data <i>Proppant</i> CarboLITE 20/40	72
Tabel IV-8. <i>Actual Pumping Schedule</i> untuk Desain Final Perekahan Hidraulik Stage 1 Sumur Z-02	77
Tabel IV-9. <i>Design Actual</i> Volume Fluida Perekah dan Jumlah <i>Proppant</i> Stage 1	77
Tabel IV-10. Hasil Actual Geometri Rekahan <i>FRACPRO</i> Sumur Z-02	78
Tabel IV-11. Data Stage 1 Sumur Z-02 untuk Perhitungan Geometri Rekahan Metode PKN 2D	79
Tabel IV-12. Hasil Perhitungan Manual PKN 2D Stage 1 Sumur Z-02.....	83
Tabel IV-13. Perbandingan Hasil Aktual MainFRAC dengan Perhitungan Geometri Rekahan Metode PKN 2D Stage 1 Sumur Z-02	83
Tabel IV-14. Data-data Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan dan <i>Horse Pompa</i>	84

**DAFTAR TABEL
(Lanjutan)**

	Halaman
Tabel IV-15. Data <i>Frac Fluid</i> dan <i>Proppant Properties</i>	85
Tabel IV-16. Perbandingan Hasil Design Aktual dengan Perhitungan <i>Treatment</i> Stage 1 Sumur Z-02	87
Tabel IV-17. Hasil Aktual Geometri Rekahan Stage 1 Sumur Z-02	87
Tabel IV-18. <i>Analytical Data</i> Sumur Z-02	89
Tabel IV-19. Data Perhitungan PI Metode Darcy	89
Tabel IV-20. Data Produksi Sumur Z-02 Sebelum <i>Hydraulic</i> <i>Fracturing</i>	96
Tabel IV-21. Data Produksi Zone 1 (Stage 1) Sebelum <i>Hydraulic</i> <i>Fracturing</i>	96
Tabel IV-22. IPR Zone 1 (Stage 1) <i>Before Fracturing</i>	98
Tabel IV-23. Data Produksi Zone 2 (Stage 1) Sebelum <i>Hydraulic</i> <i>Fracturing</i>	100
Tabel IV-24. IPR Zone 2 (Stage 1) <i>Before Fracturing</i>	101
Tabel IV-25. IPR Composite Zone 1-2 (Stage 1) <i>Before Fracturing</i>	102
Tabel IV-26. Data Produksi Sumur Z-02 Sesudah <i>Hydraulic</i> <i>Fracturing</i>	103
Tabel IV-27. IPR Zone 1-2 (Stage 1) Sumur Z-02 <i>After Fracturing</i>	105
Tabel IV-28. Perbandingan Hasil Sebelum dan Sesudah <i>Hydraulic</i> <i>Fracturing</i>	107
Tabel IV-29. Perbandingan Model Geometri Rekahan Aktual, Software FracCADE dan Perhitungan Manual PKN 2D	111

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Penampang Sumur Z-02	124
Lampiran B Tabel <i>Reservoir</i> Parameter “ <i>Layer</i> ” Sumur Z-02	126
Lampiran C Tabel <i>Reservoir</i> Parameter “ <i>Lithology</i> ” Sumur Z-02	127
Lampiran D <i>Job Log Hydraulic Fracturing</i> Sumur Z-02 Lapangan SB	128