

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Metodologi.....	2
1.5. Hasil Yang Diharapkan.....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN.....</b>	<b>5</b>
2.1. Letak Geografis Lapangan “GS” .....	5
2.2. Kondisi Geologi Regional.....	5
2.2.1. Fisiografi .....	5
2.2.2. Tektonostratigrafi.....	7
2.2.2.1. Stratigrafi Cekungan Sumatera Tengah .....	8
2.2.3. Struktur Geologi.....	14
2.3. <i>Petroleum System</i> .....	15
2.3.1. Batuan Induk .....	16
2.3.2. Batuan Reservoir.....	16
2.3.3. Perangkap.....	17
2.3.4. Batuan Penutup .....	18
2.4. Riwayat Sumur GS-01 .....	18
<b>BAB III. DASAR TEORI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i>.....</b>	<b>21</b>
3.1. Analisa Kerusakan Formasi .....	22

**DAFTAR ISI**  
**(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
3.1. Mekanika Batuan .....	23
3.2.1. <i>Stress</i> .....	23
3.2.2. <i>Strain</i> .....	24
3.2.3. <i>Poisson Ratio</i> .....	26
3.2.4. <i>Modulus Young</i> .....	27
3.2.5. <i>Plane-Strain Modulus</i> .....	27
3.2.6. Tekanan <i>Overburden</i> .....	27
3.2. Fluida Perekahan.....	28
3.3.1. Rheologi Fluida Perekah.....	28
3.3.2. <i>Fluid Loss (Leak Off)</i> .....	31
3.3.3. Fluida Dasar dan Aditif.....	34
3.3.3.1. Fluida Dasar .....	35
3.3.3.2. Aditif .....	37
3.3. <i>Proppant</i> .....	41
3.4.1. Jenis <i>Proppant</i> .....	42
3.4.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i> .....	43
3.4.3. Sifat Fisik <i>Proppant</i> .....	45
3.4.4. Transportasi <i>Proppant</i> .....	46
3.4.5. Konduktivitas Rekahan .....	47
3.5. Model Geometri Rekahan Dua Dimensi .....	50
3.5.1. Model PAN <i>American</i> .....	51
3.5.2. Model PKN ( <i>Perkins, Kern, dan Nordgen</i> ) .....	54
3.5.3. Model KGD ( <i>Kristianovich, Geertsma, dan de Klerk</i> ) .....	55
3.6. Persiapan Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	60
3.6.1. <i>DataFRAC</i> .....	60
3.6.1.1. <i>Step Rate Test</i> .....	60
3.6.1.2. <i>MiniFRAC</i> .....	61
3.7. Analisa Tekanan Rekah <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	62
3.8. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	63
3.8.1. Geometri Rekahan.....	63
3.8.1.1. Perhitungan Tekanan Injeksi.....	64
3.8.1.2. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa .....	66
3.8.1.3. Perhitungan <i>Frac Fluid</i> dan <i>Proppant Properties</i> ....	67
3.8.2. Penerapan Metode <i>Tip Screen Out (TSO)</i> .....	68
3.8.3. Kenaikan Permeabilitas Formasi Rata-Rata .....	69
3.8.4. Evaluasi Indeks Produktivitas (PI).....	70
3.8.4.1. Metode <i>Darcy</i> .....	70
3.8.4.2. Metode <i>Prats</i> .....	71
3.8.4.3. Metode <i>McGuire-Sikora</i> .....	72
3.8.4.4. Metode <i>Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique</i> .....	74

**DAFTAR ISI  
(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
3.8.4.5. Metode <i>Tinsley</i> dan <i>Soliman</i> .....	76
3.8.5. Evaluasi <i>Inflow Performance Relationship</i> (IPR).....	77
<b>BAB IV. EVALUASI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> .....</b>	<b>79</b>
4.1. Alasan Dilakukan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	79
4.2. Pengumpulan Data .....	79
4.3. Kondisi Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	82
4.4. Pemilihan Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> .....	84
4.4.1. Pemilihan Fluida Perekah .....	84
4.4.2. Pemilihan <i>Proppant</i> .....	86
4.5. Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	87
4.5.1. <i>Injectivity Test</i> .....	87
4.5.2. <i>Step Rate Test</i> .....	89
4.5.3. <i>Calibration Test/Mini Fracturing</i> .....	92
4.5.4. <i>Main Fracturing</i> .....	94
4.6. Evaluasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	97
4.6.1. Evaluasi Hidrolika Perekah.....	97
4.6.1.1. Perhitungan Geometri Rekahan Manual .....	97
4.6.1.2. Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan.....	101
4.6.1.3. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa .....	102
4.6.1.4. Perhitungan Fluida Perekah .....	102
4.6.2. Evaluasi Produksi .....	104
4.6.2.1. Peningkatan Permeabilitas Konduktivitas .....	104
4.6.2.2. Perkiraan Peningkatan Indeks Produktivitas (PI) .	106
4.6.2.2.1. Metode <i>Darcy</i> .....	107
4.6.2.2.2. Metode <i>Cinco-Ley, Samaniego</i> dan	
<i>Dominique</i> .....	107
4.6.2.3. Analisa Kurva IPR Dua Fasa Sumur GS-01 .....	109
<b>BAB V. PEMBAHASAN .....</b>	<b>114</b>
5.1. Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> .....	114
5.2. Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	116
5.3. Evaluasi Hidrolika Perekah.....	118
5.4. Evaluasi Produksi.....	119
<b>BAB VI. KESIMPULAN .....</b>	<b>122</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>123</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>125</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1.1. Diagram Alir Evaluasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	4
2.1. Lokasi Lapangan “GS” Didalam Blok CPP ( <i>Coastal Plain</i> Pekanbaru) yang Dikelola Oleh BOB PT. Bumi Siak Pusako – Pertamina Hulu.....	5
2.2. Pola Struktur Batuan Dasar (Kiri) Dan Rezim Tektonik Paleogen Cekungan Sumatera Tengah .....	6
2.3. Penampang Melintang Cekungan Belakang Busur Sumatera Tengah Pada Gambar 2.2. Yang Ditandai Oleh Garis Merah.....	6
2.4. Skema Tektonik Tersier Cekungan Sumatera Tengah.....	7
2.5. Stratigrafi Regional Cekungan Sumatera Tengah.....	13
2.6. Struktur Regional <i>Eocene-Oligocene</i> .....	14
2.7. Profil Sumur GS-01 .....	19
2.8. <i>Production Performance Before vs After Hydraulic Fracturing</i> .....	19
2.9. Sejarah Produksi Sumur GS-01 .....	20
3.1. Skematik Proses Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	21
3.2. Pengaruh <i>Skin</i> Disekitar Sumur .....	23
3.3. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama.....	24
3.4. Deformasi Batuan Akibat <i>Stress</i> .....	25
3.5. Hubungan <i>Stress vs Strain</i> .....	25
3.6. Perhitungan <i>Poisson Ratio</i> .....	26
3.7. Harga <i>Shear Rate vs Shear Stress</i> Pada Fluida <i>Newtonian &amp; Non-Newtonian</i> .....	29
3.8. Efek Temperatur Terhadap Viskositas Untuk 40 lb/1000 gal HPG .....	30
3.9. Pengaruh Volume <i>Proppant</i> Terhadap Viskositas <i>Fract Fluid</i> .....	31
3.10. Plot Hasil Laboatorium Untuk Mencari $C_w = C_{III}$ .....	33
3.11. Petunjuk Penggunaan Fluida Perekah Untuk Sumur Gas Dan Minyak.....	35
3.12. Spesifikasi Ukuran <i>Mesh Proppant CarboLITE</i> .....	44
3.13. Sifat Fisik <i>Proppant CarboLITE</i> .....	44
3.14. Hubungan Antara <i>Closure Stress</i> Dengan Permeabilitas Dan Konduktivitas .....	48

**DAFTAR GAMBAR  
(Lanjutan)**

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
3.15. Skematis Model PAN <i>American Howard-Fast</i> .....	52
3.16. Skematik Dari Pengembangan Linier Perekahan Menurut Model PKN .....	54
3.17. Skematik Dari Pengembangan Linier Perekahan Menurut Model KGD .....	56
3.18. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Test</i> .....	60
3.19. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Test</i> .....	61
3.20. Grafik Pola Tekanan pada <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	62
3.21. Kehilangan Tekanan pada 40 lb/1000 gal <i>Guar System</i> .....	64
3.22. Profil Konsentrasi <i>Proppant</i> pada <i>Tip Screen Out</i> .....	69
3.23. <b>Mc-Guire Sikora</b> untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas .....	73
3.24. Hubungan $r_w'$ dan $F_{CD}$ .....	75
3.25. Metode <b>Tinsley-Soliman</b> untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas .....	77
4.1. <i>Proppant Permeability Plot</i> Sumur GS-01 .....	86
4.2. <i>Injectivity Test Plot</i> .....	87
4.3. <i>Square Root Shut-In Fall-Off Plot</i> : Penentuan <i>Closure Pressure</i> .....	89
4.4. Grafik <i>Step Rate Test</i> .....	90
4.5. <i>Step Up Analysis Plot</i> .....	91
4.6. <i>Step Down Analysis Plot</i> .....	91
4.7. <i>DataFRAC Calibration Plot</i> .....	93
4.8. <i>Square Root Shut-in Fall-off Plot</i> .....	93
4.9. <i>Mainfrac Treating Plot</i> .....	94
4.10. <i>Pressure Match Plot</i> .....	95
4.11. <i>Propped Fracture Simulation Results</i> .....	96
4.12. $F_{CD}$ vs $R_w'/X_f$ .....	108
4.13. Kurva IPR Sumur GS-01 .....	113

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
II-1. Geokimia Batuan Induk <i>Central Sumatera Basin</i> .....	15
III-1. <i>Complementary Error Function</i> .....	53
III-2. Persamaan Untuk Panjang Rekahan (L), Lebar Maksimum (w), Dan Tekanan Injeksi (P) Jika Dianggap Laju Injeksi Konstan .....	57
III-3. Harga C1 Sampai C6 .....	58
III-4. Harga Fungsi Persamaan Mark-Langenheim untuk <i>Term Fluid Loss</i> ....	59
IV-1. Data Lapangan Sumur GS-01 .....	80
IV-2. Data Kompleksi Sumur GS-01 .....	80
IV-3. Data Perforasi Sumur GS-01 .....	80
IV-4. Data Reservoir Sumur GS-01 .....	81
IV-5. Data Mekanik Formasi Batuan Pada Sumur GS-01 .....	81
IV-6. Data Transmisibilitas Formasi Batuan Pada Sumur GS-01 .....	82
IV-7. Kondisi Sumur GS-01 Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	82
IV-8. <i>Fracturing Fluid Properties</i> .....	85
IV-9. <i>Fracturing Fluid Data</i> .....	85
IV-10. <i>Proppant Properties</i> .....	87
IV-11. Hasil Analisa <i>Injectivity Test</i> .....	88
IV-12. Hasil Analisa <i>Step Rate Test</i> .....	90
IV-13. Hasil Analisa <i>Injectivity Test</i> .....	92
IV-14. <i>Actual Pumping Schedule</i> Sumur GS-01 .....	95
IV-15. Geometri Rekahan <i>Mainfrac</i> .....	96
IV-16. Data Geometri Rekahan Sumur GS-01 .....	98
IV-17. Hasil Iterasi Perhitungan Sumur GS-01 .....	100
IV-18. Perbandingan Hasil Aktual dengan Perhitungan Manual Geometri Rekahan Metode PKN 2D .....	101
IV-19. Data Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan dan <i>Horse Power</i> Pompa .....	101
IV-20. Data <i>Frac Fluid</i> dan <i>Proppant Properties</i> .....	103

**DAFTAR TABEL**  
**(Lanjutan)**

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
IV-21. Perbandingan Fluida Perekah Hasil Aktual dengan Perhitungan Manual .....	104
IV-22. Data Perhitungan Permeabilitas Setelah Perekahan .....	105
IV-23. Hasil Perbandingan Peningkatan Permeabilitas Setelah Perekahan .....	106
IV-24. Data Perhitungan PI .....	106
IV-25. Hasil Perhitungan Kenaikan <i>Productivity Index</i> .....	109
IV-26. Data Perhitungan IPR .....	109
IV-27. Tabulasi IPR Sebelum dan Sesudah <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur GS-01 .....	112

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>		<b>Halaman</b>
A.	Perhitungan Manual PKN 2D Sumur GS-01 .....	126
B.	<i>Post Job Report Hydraulic Fracturing</i> Sumur GS-01 .....	129
C.	<i>Chart Log Zona 1500' Sand (1576 ft-1582 ft)</i> .....	131