

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Skripsi .....	2
1.5. Metodologi Pelaksanaan Skripsi .....	2
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN CEMARA BARAT...</b>	5
2.1. Letak Geografis Lapangan Cemara Barat .....	5
2.2. Geologi Regional Cekungan Jawa Barat Utara .....	6
2.2.1. Struktur Regional .....	6
2.2.2. Stratigrafi .....	8
2.3. <i>Petroleum System</i> .....	12
2.4. Riwayat Sumur HAF-89 .....	14
2.5. Sejarah Produksi Lapangan .....	18
<b>BAB III. DASAR TEORI STIMULASI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i></b> .....	20
3.1. Analisa Kerusakan Formasi .....	21
3.2. Mekanika Batuan .....	22
3.2.1. <i>Stress</i> .....	22
3.2.2. <i>Strain</i> .....	23
3.2.3. <i>Modulus Young</i> .....	25
3.2.4. <i>Poisson Ratio</i> .....	26

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

	<b>Halaman</b>
3.2.5. <i>Plane-Strain Modulus</i> .....	26
3.3. Fluida Perekah .....	26
3.3.1. Rheologi Fluida Perekah .....	27
3.3.2. <i>Fluid Loss (Leak Off)</i> .....	30
3.3.3. Fluida Dasar dan Aditif .....	33
3.3.2.1. Fluida Dasar .....	33
3.3.2.2. Aditif .....	36
3.4. Material Pengganjal ( <i>Proppant</i> ) .....	37
3.4.1. Jenis Proppant .....	37
3.4.1.1. Pasir Alami .....	38
3.4.1.2. Pasir Berlapis Resin .....	37
3.4.1.3. <i>Proppant</i> Keramik .....	39
3.4.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i> .....	39
3.4.3. Konduktivitas Rekahan .....	40
3.4.4. Transportasi <i>Proppant</i> .....	42
3.5. Model Geometri Rekahan .....	43
3.5.1. <i>PAN American Model</i> .....	44
3.5.2. <i>PKN dan KGD</i> .....	45
3.6. Persiapan <i>Hydraulic FRACTuring</i> .....	51
3.6.1. <i>DataFRAC</i> .....	52
3.6.1.1. <i>Step Rate Test</i> .....	51
3.6.1.2. <i>MiniFRAC</i> .....	52
3.7. Analisa Tekanan Rekah <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	53
3.8. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	54
3.8.1. Geometri Rekahan .....	54
3.8.1.1. Perhitungan Tekanan Injeksi .....	55
3.8.1.2. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa .....	57
3.8.1.3. Perhitungan Massa <i>Proppant</i> .....	58
3.8.2. Penerapan Metode <i>Tip Screen Out</i> .....	60
3.8.3. Kenaikan Permeabilitas Formasi Rata-rata .....	61
3.8.4. Indeks Produktivitas .....	62
3.8.4.1. Metode Darcy .....	59
3.8.4.2. Metode Prats .....	63
3.8.4.3. Metode McGuire-Sikora .....	63
3.8.4.4. Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique .....	65
3.8.4.5. Metode Tinsley dan Soliman .....	67
3.8.5. Analisa Kelakuan Aliran dengan Kurva <i>Inflow</i> <i>Performance Relationship (IPR)</i> Tiga Fasa .....	68
3.8.6. Analisa Sensitivitas Menggunakan <i>Software</i>	

**DAFTAR ISI  
(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
<i>Pipesim</i> .....	71
3.9. Rekomendasi Desain dan Peramalan Laju Produksi .....	71
<b>BAB IV. EVALUASI PENERAPAN <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> SUMUR HAF-89 LAPANGAN CEMARA BARAT</b> .....	<b>72</b>
4.1. Alasan Dilakukan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	72
4.2. Preparasi Data Awal .....	72
4.3. Pemilihan <i>Proppant</i> dan Fluida Perekah .....	74
4.4. Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	76
4.4.1. Desain Awal <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur HAF-89 .....	77
4.4.2. Pelaksanaan <i>DataFRAC</i> .....	79
4.3.2.1. <i>Step Rate Test</i> .....	79
4.3.2.2. <i>MiniFRAC</i> .....	82
4.4.3. <i>DataFRAC Pressure Matching</i> .....	84
4.4.4. Desain Ulang Simulasi .....	85
4.4.5. <i>MainFRAC</i> .....	87
4.5. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	89
4.5.1. Perhitungan Manual <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	89
4.5.1.1. Perhitungan Geometri Rekahan .....	90
4.5.1.2. Perhitungan Tekanan Injeksi.....	94
4.5.1.3. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa .....	96
4.5.1.4. Perhitungan Massa <i>Proppant</i> .....	96
4.5.2. Penerapan Metode <i>Tip Screen Out</i> .....	98
4.5.3. Kenaikan Permeabilitas Formasi Rata-rata.....	100
4.5.4. Indeks Produktivitas .....	101
4.5.4.1. Metode Darcy .....	102
4.5.4.2. Metode Prats .....	102
4.5.4.3. Metode McGuire-Sikora.....	103
4.5.4.4. Metode Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique .....	104
4.5.4.5. Metode Tinsley dan Soliman .....	106
4.5.5. Pembuatan Kurva IPR Tiga Fasa .....	107
4.5.6. Analisa Sensitivitas Menggunakan <i>Software</i> <i>Pipesim</i> .....	114
4.6. Rekomendasi Desain dan Peramalan Laju Produksi ....	117
<b>BAB V. PEMBAHASAN</b> .....	<b>125</b>
<b>BAB VI. KESIMPULAN</b> .....	<b>133</b>

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

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	135
<b>LAMPIRAN .....</b>	138

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> Evaluasi Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> ..	4
Gambar 2.1. Peta Lokasi Lapangan Cemara Barat .....	5
Gambar 2.2. Cekungan Jawa Barat Utara .....	7
Gambar 2.3. Perkembangan Struktur dari Arah Selatan ke Utara .....	8
Gambar 2.4. Kolom Stratigrafi Regional .....	11
Gambar 2.5. Profil Sumur HAF-89.....	17
Gambar 2.6. Sejarah Produksi Lapangan Cemar Barat.....	19
Gambar 3.1. Skematik Proses Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	20
Gambar 3.2. Pengaruh Skin di Sekitar Sumur .....	22
Gambar 3.3. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama.....	23
Gambar 3.4. Deformasi Batuan Akibat <i>Stress</i> .....	24
Gambar 3.5. Grafik Hubungan <i>Stress vs Strain</i> .....	25
Gambar 3.6. Harga <i>Shear Rate vs Shear Stress</i> pada Fluida <i>Newtonian</i> dan Fluida <i>Non-Newtonian</i> .....	28
Gambar 3.7. Efek Temperatur Terhadap Viskositas untuk 50 lb/1000 Gal HPG .....	29
Gambar 3.8. Pengaruh Volume <i>Proppant</i> terhadap Viskositas <i>Frac Fluid</i> .....	30
Gambar 3.9. Plot Hasil Laboratorium untuk Mencari $C_w=C_{III}$ .....	32
Gambar 3.10. Petunjuk Penggunaan Fluida <i>Fracturing</i> .....	36
Gambar 3.11. Spesifikasi Ukuran <i>Mesh Proppant CarboLITE</i> .....	40
Gambar 3.12. Sifat Fisik dan Kimia <i>Proppant CarboLITE</i> .....	40
Gambar 3.13. Hubungan Antara <i>Closure Stress</i> , Permeabilitas dan Konduktivitas <i>Proppant CarboLITE</i> .....	41
Gambar 3.14. Skematis Model Carter.....	44
Gambar 3.15. Skematik dari Pengembangan Linier <i>Fracturing</i> Menurut Metode PKN.....	45
Gambar 3.16. Skematik dari Pengembangan Linear <i>Fracturing</i> Menurut Metode KGD .....	46

**DAFTAR GAMBAR**  
**(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
Gambar 3.17. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Up Rate Test</i> .....	51
Gambar 3.18. Skematik dari Pelaksanaan <i>Step Rate Down Test</i> .....	52
Gambar 3.19. Grafik Pola Tekanan Pada <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	53
Gambar 3.20. Kehilangan Tekanan pada 40 lb/1000 gal <i>Guar System</i> ..	55
Gambar 3.21. Profil Konsentrasi <i>Proppant</i> pada <i>Tip Screen Out</i> .....	61
Gambar 3.22. Grafik McGuire-Sikora untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas .....	64
Gambar 3.23. Grafik Hubungan $rw'$ dan $Fcd$ .....	66
Gambar 3.24. Grafik Metode Tinsley-Soliman untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas .....	68
Gambar 4.1. Perencanaan Geometri Perekahan Awal Sumur HAF-89.	77
Gambar 4.2. <i>Step Rate Test Analysis</i> Sumur HAF-89 .....	80
Gambar 4.3. <i>Step Up Rate Test Analysis Plot</i> Sumur HAF-89.....	81
Gambar 4.4. <i>Step Down Rate Test Analysis Plot</i> Sumur HAF-89.....	82
Gambar 4.5. <i>MiniFRAC</i> Sumur HAF-89 .....	83
Gambar 4.6. <i>Regression Analysis</i> Hasil <i>MiniFRAC</i> Sumur HAF-89 ....	83
Gambar 4.7. Grafik <i>Surface Pressure</i> vs Horner Hasil <i>MiniFRAC</i> Sumur HAF-89 .....	85
Gambar 4.8. Grafik <i>Pressure Matching</i> .....	85
Gambar 4.9. Hasil Desain Ulang dari Simulasi Software <i>MFRAC</i> .....	86
Gambar 4.10. Grafik <i>MainFRAC</i> Aktual Treatment .....	87
Gambar 4.11. Hasil <i>MainFRAC</i> .....	88
Gambar 4.12. <i>Friction Loss</i> untuk Fluida Perekah MT45442 .....	95
Gambar 4.13. Penerapan <i>Tip Screen Out</i> pada Sumur HAF-89 .....	100
Gambar 4.14. <i>Proppant</i> di Rekahan.....	100
Gambar 4.15. Kurva IPR Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	111
Gambar 4.16. Kurva IPR Setelah <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	114
Gambar 4.17. Sensitivitas Skin Pre Job Awal .....	115

**DAFTAR GAMBAR**  
**(Lanjutan)**

	<b>Halaman</b>
Gambar 4.18. Sensitivitas Skin Pre Job Final.....	116
Gambar 4.19. Sensitivitas Skin Post Job Awal.....	116
Gambar 4.20. Sensitivitas Skin Post Job Final.....	117
Gambar 4.21. Perbandingan Permeabilitas Proppant.....	118
Gambar 4.22. <i>Pumping Schedule</i> Desain Rekahan.....	118
Gambar 4.23. Geometri Rekahan.....	119
Gambar 4.24. Geometri Rekahan 3D.....	119
Gambar 4.25. Peramalan Kenaikan Laju Produksi <i>Software FracCADE</i>	120
Gambar 4.26. Peramalan Kenaikan Laju Produksi Perhitungan Manual PKN 2D.....	121
Gambar 4.27. <i>Production Performance Before vs After Hydraulic Fracturing</i> .....	124

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel III-1. Persamaan-persamaan untuk Mencari Panjang Rekahan L, Lebar Rekahan Maksimum w, dan Tekanan Injeksi p, dan dianggap Laju Injeksi Konstan .....	47
Tabel III-2. Harga C1 sampai C6 Pada Tabel III-1.....	47
Tabel III-3. Harga Fungsi untuk Persamaan Mark-Langenheim untuk <i>Term Fluid Loss</i> .....	50
Tabel III-4. Konstanta A1, A2, dan A3.....	70
Tabel IV-1. Data Reservoir Sumur HAF-89 Lapangan Cemara Barat.....	73
Tabel IV-2. Data Kompleksi Sumur HAF-89 Lapangan Cemara Barat....	73
Tabel IV-3. Data Perforasi Sumur HAF-89.....	74
Tabel IV-4. Data Mekanika Formasi Batuan Sumur HAF-89.....	74
Tabel IV-5. Data <i>Fluid Loss</i> Sumur HAF-89 .....	74
Tabel IV-6. Data <i>Proppant CarboLITE 20/40</i> .....	75
Tabel IV-7. Jenis Fluida, Aditif dan <i>Proppant</i> pada Sumur HAF-89 .....	76
Tabel IV-8. Desain Awal <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur HAF-89 .....	77
Tabel IV-9. <i>Pumping Schedule</i> untuk Desain Awal Perekahan Hidraulik	78
Tabel IV-10. Data Tekanan Pemompaan.....	78
Tabel IV-11. Rencana Jumlah Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> .....	79
Tabel IV-12. <i>Pumping Schedule</i> untuk Desain Ulang Perekahan Hidraulik .....	85
Tabel IV-13. Estimasi Volume Fluida Perekah dan Jumlah <i>Proppant</i> ....	86
Tabel IV-14. Geometri Rekahan Setelah Desain Ulang .....	87
Tabel IV-15. <i>Pumping Schedule MainFRAC</i> .....	88
Tabel IV-16. Estimasi Volume Fluida Perekah dan Jumlah <i>Proppant</i> ...	88
Tabel IV-17. Geometri Rekahan <i>MainFRAC</i> .....	89
Tabel IV-18. Data Sumur HAF-89 untuk Perhitungan Geometri Rekahan Metode PKN 2D .....	90



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

	<b>Halaman</b>
Tabel IV-19. Hasil Perhitungan Manual PKN 2D .....	93
Tabel IV-20. Perbandingan Hasil Aktual <i>MainFRAC</i> dengan Perhitungan Geometri Rekahan Metode PKN 2D.....	94
Tabel IV-21. Data-data Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan dan <i>Horse Power</i> Pompa .....	94
Tabel IV-22. Data-data Perhitungan Massa <i>Proppant</i> .....	96
Tabel IV-23. Perbandingan Desain Aktual dan Perhitungan Manual.....	98
Tabel IV-24. Pemompaan Metode Konvensional.....	99
Tabel IV-25. Pemompaan Metode <i>Tip Screen Out</i> .....	99
Tabel IV-26. Data Perhitungan Permeabilitas Rata-rata.....	101
Tabel IV-27. Data Perhitungan PI Metode Darcy .....	102
Tabel IV-28. Data Perhitungan PI Metode Prats .....	103
Tabel IV-29. Data Perhitungan PI Metode McGuire dan Sikora.....	104
Tabel IV-30. Data Perhitungan Cinco-Ley, Samaniego dan Dominique	105
Tabel IV-31..Data Perhitungan PI Metode Tinsley dan Soliman.....	106
Tabel IV-32..Data Produksi Sumur HAF-89 Sebelum dan Setelah <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	107
Tabel IV-33. Data Produksi Sumur HAF-89 Sebelum dan Setelah <i>Hydraulic Fracturing</i> (Lanjutan).....	108
Tabel IV-34. Hasil Perhitungan IPR Metode Pudji Sukarno <i>Pre Job</i> Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	110
Tabel IV-35. Hasil Perhitungan IPR Metode Pudjo Sukarno <i>Pre Job</i> Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> (Lanjutan).....	111
Tabel IV-36. Hasil Perhitungan IPR Metode Pudjo Sukarno <i>Post Job</i> Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....	113
Tabel IV-37. Hasil Perhitungan IPR Metode Pudjo Sukarno <i>Post Job</i> Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> (Lanjutan).....	114
Tabel IV-38. <i>Production Performance</i> .....	122
Tabel IV-39. <i>Production Performance</i> (Lanjutan) .....	123