

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka.....	4
2.2. Landasan Teori	6
2.2.1. <i>Low Quality Reservoir</i>	6
2.2.1.1. Mekanika Batuan	7
2.2.2. Jenis Sumur.....	15
2.2.3. <i>Well Stimulation</i>	17
2.2.4. <i>Hydraulic Fracturing</i>	18
2.2.5. Fluida Perekah	19
2.2.5.1. <i>Rheology</i> Fluida Perekah	20
2.2.5.2. <i>Fluid loss (Leak-Off)</i>	23
2.2.5.3. Jenis Fluida Perekah	24

DAFTAR ISI (Lanjutan)

	Halaman
2.2.5.4. <i>Additive</i>	27
2.2.6. <i>Proppant</i>	30
2.2.6.1. <i>Jenis Proppant</i>	30
2.2.6.2. <i>Sifat Fisik Proppant</i>	35
2.2.6.3. <i>Transportasi Proppant</i>	39
2.2.6.4. <i>Proppant Pack Conductivity</i>	41
2.2.7. <i>Model Geometri Rekahan</i>	41
2.2.8. <i>Perencanaan Stimulasi Hydraulic Fracturing</i>	44
2.2.8.1. <i>Breakdown Test</i>	44
2.2.8.2. <i>Step-Rate Test</i>	45
2.2.8.3. <i>Minifrac</i>	47
2.2.8.4. <i>Mainfrac</i>	49
2.2.9. <i>Perhitungan Desain Treatment Hydraulic Fracturing</i>	49
2.2.10. <i>Peningkatan Produksi Setelah Perekahan</i>	51
2.2.10.1. <i>Perhitungan Permeabilitas Rata-rata</i>	51
2.2.10.2. <i>Metode Cinco-Ley Samaniego dan Dominique</i>	52
2.2.11. <i>Nodal Analysis</i>	53
2.2.11.1. <i>Inflow Performance Relationship (IPR)</i>	54
2.2.11.2. <i>Vertical Lift Performance (VLP)</i>	56
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	57
3.1. <i>Metode Penelitian</i>	57
3.2. <i>Tahapan Penelitian</i>	58
BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL REKAHAN	59
4.1. <i>Tinjauan Umum Lapangan</i>	59
4.2. <i>Preparasi Data Untuk Perencanaan Hydraulic Fracturing Sumur RYN</i>	60
4.2.1. <i>Data Sumur</i>	60
4.2.2. <i>Data Zona</i>	62
4.2.3. <i>Data Reservoir</i>	63

DAFTAR ISI (Lanjutan)

	Halaman
4.3. Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur RYN dengan Simulator <i>Hydraulic Fracturing</i>	64
4.3.1. Penentuan Fluida Perekah.....	64
4.3.1.1. Jenis Fluida Perekah	65
4.3.1.2. Komposisi Fluida Perekah.....	66
4.3.1.3. Volume Fluida Perekah	67
4.3.2. Penentuan <i>Proppant</i>	67
4.3.2.1. Jenis <i>Proppant</i>	68
4.3.2.2. Ukuran <i>Proppant</i>	68
4.3.2.3. Massa <i>Proppant</i>	69
4.3.3. Penentuan Volume PAD.....	70
4.3.4. Penentuan Parameter dan Skenario Sensitivitas	71
4.4. <i>Pumping Schedule</i>	72
4.5. Analisa Hasil Geometri Rekahan.....	77
4.5.1. Perhitungan Simulator	84
4.5.1.1. Perhitungan Parameter Geometri Rekahan (X_f , H_f , W_f , FCD, Konduktivitas Rekahan, dan <i>Proppant Concentration</i>)	84
4.5.1.2. Analisis Laju Produksi dengan Metode <i>Nodal Analysis</i>	85
4.5.2. Perhitungan Manual.....	90
4.5.2.1. Analisis Nilai <i>Fold of Increase</i> (FOI).....	90
4.5.2.2. Perhitungan Peningkatan Permeabilitas Rata-Rata Formasi	92
4.5.2.3. Perhitungan <i>Skin</i> dengan Metode Cinco-Ley Samaniego dan Dominique	96
4.6. Perbandingan Metode Pengembangan Sumur dengan Metode <i>Horizontal Well</i>	98
4.6.1. Preparasi Data	98
4.6.2. Analisis Laju Produksi dengan Metode <i>Nodal Analysis</i>	99
4.6.3. Perbandingan Laju Produksi antara Metode <i>Hydraulic Fracturing</i> dengan <i>Horizontal Well</i>	100
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	102

DAFTAR ISI (Lanjutan)

	Halaman
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	110
6.1. Kesimpulan	110
6.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA.....	112
LAMPIRAN.....	122

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skematik Deformasi Material Akibat Gaya (F).....	8
Gambar 2.2. Skematik Deformasi Material pada Arah x dan y	10
Gambar 2.3. Kurva <i>Stress-Strain</i>	10
Gambar 2.4. <i>Modulus Shear</i>	11
Gambar 2.5. <i>Modulus Bulk</i>	12
Gambar 2.6. Arah Rekahan dan Besar Ketiga Stress Utama	14
Gambar 2.7. Skematik <i>Vertical Well</i> dan <i>Deviated Well</i>	15
Gambar 2.8. Skematik <i>Horizontal Well</i>	16
Gambar 2.9. Skematik <i>Multilateral Well</i>	17
Gambar 2.10. Ilustrasi Stimulasi <i>Acidizing</i> dan <i>Hydraulic Fracturing</i>	18
Gambar 2.11. Skematik Proses Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i>	19
Gambar 2.12. Model Rheology pada Fluida Newtonian dan Non-Newtonian ...	20
Gambar 2.13. Grafik Log-log Hubungan <i>Shear Rate</i> dan <i>Shear Stress</i> pada Fluida Power Law	21
Gambar 2.14. <i>Apparent Viscosity</i> Menggunakan Persamaan Power Law	22
Gambar 2.15. Efek Temperatur Terhadap Viskositas Fluida 40 lb/Mgal HPG Polymer Solution.....	23
Gambar 2.16. Panduan Umum dalam Pemilihan Fluida Perekah pada Sumur Minyak dan Gas	27
Gambar 2.17. Pengaruh <i>Closure Stress</i> Terhadap Permeabilitas Pada Berbagai Jenis Proppant	31
Gambar 2.18. Butiran <i>Ottawa Sand</i>	32
Gambar 2.19. Butiran <i>Brady Sand</i>	32
Gambar 2.20. <i>Pre-cured Resin Coated Proppant</i>	33
Gambar 2.21 <i>Curable Resin-coated Proppant</i>	33
Gambar 2.22. <i>Sintered Bauxite</i>	34
Gambar 2.23. <i>Intermediate Strength Ceramic Proppant</i>	35
Gambar 2.24. <i>Lightweight Ceramic Proppant</i>	35
Gambar 2.25. Perbandingan Kekuatan Berbagai Jenis <i>Proppant</i>	36

DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	Halaman
Gambar 2.26. Efek Ukuran Butiran Terhadap Permeabilitas dan <i>Closure Stress</i>	37
Gambar 2.27. Diagram <i>Roundness</i> dan <i>Sphericity</i>	38
Gambar 2.28. Pengaruh dari Feldspar Terhadap Konduktivitas Rekahan	38
Gambar 2.29. Skematik Tata Letak Peralatan <i>Hydraulic Fracturing</i>	39
Gambar 2.30. Ilustrasi Penempatan <i>Proppant</i>	41
Gambar 2.31. Model Geometri Rekahan PAN American Howard-Fast	42
Gambar 2.32. Model Geometri Rekahan PKN	43
Gambar 2.33. Model Geometri Rekahan KGD	44
Gambar 2.34. <i>Breakdown Pressure Test</i>	45
Gambar 2.35. <i>Step Up Rate Test</i>	46
Gambar 2.36. <i>Slurry Rate vs BHTP Cross-Plot</i> dari <i>Step Down Rate Test</i>	47
Gambar 2.37 <i>Minifrac Test</i>	48
Gambar 2.38. Grafik Analisis <i>G-Function</i>	48
Gambar 2.39. Grafik Cinco-Ley Hubungan antara FCD dan rw'/X_f	53
Gambar 2.40. <i>Nodal Analysis</i>	54
Gambar 2.41. Kurva <i>Inflow Performance Relationship</i> (IPR)	55
Gambar 2.42. Kurva <i>Vertical Lift Performance</i> (VLP)	56
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Penelitian	58
Gambar 4.1. Letak Geografis Lapangan RRI pada Wilayah Kerja PHE ONWJ	59
Gambar 4.2 <i>RY-1 Offset Well Composite Log</i>	60
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Permeabilitas <i>Proppant</i> vs <i>Closure Stress</i> Pada Berbagai Jenis dan Ukuran <i>Proppant</i>	68
Gambar 4.4. Analisa <i>Minifrac – G-Function Offset Well</i>	70
Gambar 4.5. Hasil Simulasi Geometri Rekahan Skenario 1 Sumur RYN	78
Gambar 4.6. Hasil Simulasi Geometri Rekahan Skenario 2 Sumur RYN	79
Gambar 4.7. Hasil Simulasi Geometri Rekahan Skenario 3 Sumur RYN	80
Gambar 4.8. Hasil Simulasi Geometri Rekahan Skenario 4 Sumur RYN	81
Gambar 4.9. Hasil Simulasi Geometri Rekahan Skenario 5 Sumur RYN	82
Gambar 4.10. Hasil Simulasi Geometri Rekahan Skenario 6 Sumur RYN	83

DAFTAR GAMBAR (Lanjutan)

	Halaman
Gambar 4.11. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Sebelum Perekahan Pada Sumur RYN	86
Gambar 4.12 Kurva <i>Nodal Analysis</i> Skenario 1 Sumur RYN.....	87
Gambar 4.13. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Skenario 2 Sumur RYN.....	87
Gambar 4.14. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Skenario 3 Sumur RYN.....	88
Gambar 4.15. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Skenario 4 Sumur RYN.....	88
Gambar 4.16. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Skenario 5 Sumur RYN.....	89
Gambar 4.17. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Skenario 6 Sumur RYN.....	89
Gambar 4.18. Grafik Q vs FCD.....	90
Gambar 4.19. Grafik Cinco-Ley Hubungan antara FCD dan rw'/X_f	97
Gambar 4.20. Kurva <i>Nodal Analysis</i> Sumur Horizontal	100

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Standar Klasifikasi <i>Low Permeability Reservoir</i>	7
Tabel 2.2. Rentang Nilai Tipikal <i>Poisson's Ratio</i>	9
Tabel 4.1. Data <i>Well Completion</i>	61
Tabel 4.2. Data <i>Hole Survey</i>	61
Tabel 4.3. Data <i>Tubular</i>	62
Tabel 4.4. Data Perforasi	62
Tabel 4.5. Data Mekanika Batuan	78
Tabel 4.6. Data <i>Reservoir</i>	79
Tabel 4.7. Data <i>Properties</i> Fluida Perekah	65
Tabel 4.8. Komposisi <i>Additive</i> Fluida Perekah	66
Tabel 4.9. Data <i>Properties Proppant</i>	69
Tabel 4.10. Parameter Sensitivity	71
Tabel 4.11. Data Parameter Skenario Representatif	72
Tabel 4.12. <i>Pumping Schedule</i> Skenario 1 Sumur RYN	73
Tabel 4.13. <i>Pumping Schedule</i> Skenario 2 Sumur RYN	89
Tabel 4.14. <i>Pumping Schedule</i> Skenario 3 Sumur RYN	74
Tabel 4.15. <i>Pumping Schedule</i> Skenario 4 Sumur RYN	75
Tabel 4.16. <i>Pumping Schedule</i> Skenario 5 Sumur RYN	75
Tabel 4.17. <i>Pumping Schedule</i> Skenario 6 Sumur RYN	76
Tabel 4.18. Hasil Perhitungan Geometri Rekahan Sumur RYN	84
Tabel 4.19. Data Perhitungan Laju Produksi	85
Tabel 4.20. Data Perhitungan Permeabilitas Rata-Rata Formasi	92
Tabel 4.21. Data Perhitungan <i>Skin</i>	96
Tabel 4.22. Data Perhitungan <i>Nodal Analysis</i>	98

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1. <i>Fluid Properties</i> YF130.1 HTD.....	115
Lampiran A.2. <i>Fluid Properties</i> YF135.1 HTD.....	115
Lampiran A.3. <i>Fluid Properties</i> YF140.1 HTD.....	116
Lampiran A.4. <i>Proppant Properties</i> 12/18 Mesh.....	116
Lampiran A.5. <i>Proppant Properties</i> 20/40 Mesh.....	117
Lampiran A.6. <i>Fluid Additives</i>	117
Lampiran B.1. <i>Schedule Scenario 1</i>	119
Lampiran B.2. <i>Schedule Scenario 2</i>	119
Lampiran B.3. <i>Schedule Scenario 3</i>	120
Lampiran B.4. <i>Schedule Scenario 4</i>	120
Lampiran B.5. <i>Schedule Scenario 5</i>	121
Lampiran B.6. <i>Schedule Scenario 6</i>	121
Lampiran B.7. <i>Summary Scenario 1</i>	122
Lampiran B.8. <i>Summary Scenario 2</i>	122
Lampiran B.9. <i>Summary Scenario 3</i>	123
Lampiran B.10. <i>Summary Scenario 4</i>	123
Lampiran B.11. <i>Summary Scenario 5</i>	124
Lampiran B.12. <i>Summary Scenario 6</i>	124

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN		Halaman
bbbl	Barrel	45
bpm	Barrel Per Minute	25
BHTP	Bottom Hole Treating Pressure	45
CMHEC	Carboxymethyl Hydroxyethyl Cellulose	27
cP	Centi Poise	25
FCD	Dimensionless Fracture Conductivity	52
ft	Feet	1
FE	Fluid Efficiency	48
FOI	Fold Of Increase	1
FG	Fracture Gradient	14
HMSF	Horizontal Multistage Fracturing	108
HEC	Hydroxyethyl Cellulose	25
HPG	Hydroxypropyl Guar	23
IPR	Inflow Performance Relationship	5
ID	Inner Diameter	60
ISIP	Instantaneous Shut-In Pressure	15
ISP	Intermediate Strength Ceramic Proppant	34
ISO	International Organization For Standardization	37
KCl	Kalium Chloride	28
KGD	Kristianovich, Geertsma, dan De Klerk	44
LWC	Lightweight Ceramic Proppant	35
LQR	Low Quality Reservoir	1
MD	Measured Depth	1
m	Meter	4
mD	Millidarcy	1
MMSTB	Million Stock Tank Barrels	1
NWBF	Near Wellbore Friction	46

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG (Lanjutan)

SINGKATAN		Halaman
ONWJ	Offshore North West Java	69
OD	Outer Diameter	60
PKN	Perkins, Kern & Nordgen	2
lb	Pound	13
Psi	Pound Per Square Inch	13
PI	Productivity Index	17
SPE	Society Of Petroleum Engineer	55
SG	Specific Gravity	32
SRT	Step Rate Test	5
TVD	True Vertical Depth	1
UTS	Ultimate Tensile Strength	11
VLP	Vertical Lift Performance	56
WRA	Water Recover Agent	25
LAMBANG		
μ_a	Apparent Viscosity	37
A_f	Area Dari Filter Cake pada Fluid Loss	39
ε_x	Axial Strain	21
θ	Besar Sudut Deformasi	25
P_c	Closure Pressure	62
K'	Consistency Index	36
ρ	Densitas Batuan	26
W_{kf}	Effective Conductivity	58
σ'_H	Effective Horizontal Stress	27
σ'_v	Effective Stress	27
H	Fluid Efficiency	38
F	Gaya yang Bekerja	21
g_{ob}	Gradien Overburden Stress	26

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG (Lanjutan)

LAMBANG		Halaman
$r_{w'}$	Jari-Jari Efektif Sumur	53
r_w	Jari-Jari Sumur	51
CO_2	Karbon Dioksida	26
H	Kedalaman	26
C_I	Koefisien Leak Off	24
C_{tot}	Koefisien Leak-Off Total	24
C_{II}	Koefisien Leak-Off yang Dipengaruhi Kompresibilitas	24
C_{III}	Koefisien Leak-Off yang Dipengaruhi Wall Building Mechanism	24
α_p	Konstanta Poroelastic Biot	13
Q_L	Laju Leak-Off	25
ε_y	Lateral Strain	9
W_f	Lebar Rekahan	82
$\overline{w}$	Lebar Rekahan Rata-Rata	50
A	Luas Bidang Kontak	12
$\sigma_{H\ min}$	Minimum Absolute Horizontal Stress	13
$\sigma'_{H\ min}$	Minimum Effective Horizontal Stress	13
G	Modulus Shear	12
N_2	Nitrogen	26
X_f	Panjang Rekahan	41
g	Percepatan Gravitasi	12
K	Permeabilitas	51
K_{avg}	Permeabilitas Rata-Rata Formasi	51
K_f	Permeabilitas Rekahan	51
E'	Plane-Strain Modulus	10
ν	Poisson's Ratio	9

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG (Lanjutan)

LAMBANG		Halaman
$\emptyset$	Porositas Batuan	39
n'	Power Law Index	21
q_i	Rate Injeksi	52
γ	Shear Rate	21
τ	Shear Stress	21
S	Skin Faktor	56
m	Slope	25
S_p	Spurt Loss	23
ε	Strain	8
σ	Stress	8
α_{tect}	Tectonic Stress	13
P_h	Tekanan Hidrostatik	15
P_{inj}	Tekanan Injeksi	1
σ_v	Tekanan Overburden	13
P_{rf}	Tekanan Rekah Formasi	1
H_f	Tinggi Rekahan	15
μ_L	Viskositas Fluida Perekah	24
V_L	Volume Fluida Leak-Off	24
V_{inj}	Volume Injeksi	50
$V_{Leakoff}$	Volume Leak-Off	50
V_{pad}	Volume Pad	50
V_{frac}	Volume Rekahan	50
t_i	Waktu Injeksi	50
E	Young's Modulus	10