

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan..... | 1 |
| 1.3. Batasan Masalah | 1 |
| 1.4. Metodologi Penelitian | 2 |
| 1.5. Sistematika Penulisan | 2 |
| BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN | 5 |
| 2.1. Letak Geografis Lapangan “DA” | 5 |
| 2.2. Geologi Regional Cekungan Jawa Barat Utara | 6 |
| 2.2.1. Tektonik dan Struktur Geologi Cekungan Jawa Barat Utara | 7 |
| 2.2.2. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara | 10 |
| 2.2.3. Sedimentasi Cekungan Jawa Barat Utara | 13 |
| 2.3. <i>Petroleum System</i> Cekungan Jawa Barat Utara | 14 |
| 2.4. Sejarah Produksi Sumur “DA-01”..... | 18 |
| BAB III. TEORI DASAR <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> | 19 |
| 3.1. Mekanika Batuan | 20 |
| 3.1.1. <i>Stress</i> dan <i>Strain</i> | 21 |
| 3.1.2. <i>Poisson Ratio</i> | 22 |
| 3.1.3. <i>Modulus Shear</i> | 23 |
| 3.1.4. <i>Modulus Bulk</i> | 23 |
| 3.1.5. <i>Modulus Young</i> | 24 |

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

| | Halaman |
|--|----------------|
| 3.1.6. <i>Overburden Stress</i> | 24 |
| 3.2. Fluida Perekah | 25 |
| 3.2.1. Mekanika Fluida dalam <i>Hydraulic Fracturing</i> | 25 |
| 3.2.1.1. Rheologi Fluida Perekah | 25 |
| 3.2.1.2. <i>Fluid Loss (Leak Off)</i> | 28 |
| 3.2.1.3. Hidrolika Perekahan | 28 |
| 3.2.2. Fluida Perekah dan Aditif | 29 |
| 3.2.2.1. Fluida Dasar | 30 |
| 3.2.2.2. Aditif | 32 |
| 3.3. Material Penganjal (<i>Proppant</i>) | 33 |
| 3.3.1. Jenis <i>Proppant</i> | 34 |
| 3.3.2. Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i> | 35 |
| 3.3.3. Konduktivitas Rekahan | 36 |
| 3.4. Analisa Tekanan Perekahan..... | 37 |
| 3.5. Model Geometri Rekahan..... | 38 |
| 3.5.1. PAN <i>American Model</i> | 39 |
| 3.5.2. PKN dan KGD..... | 40 |
| 3.6. Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> | 44 |
| 3.6.1. Data-Data Perekahan | 44 |
| 3.6.2. Perekahan Utama (<i>Main Fracturing</i>) | 47 |
| 3.7. Evaluasi Desain dan Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> | 49 |
| 3.7.1. Evaluasi Geometri Rekahan | 49 |
| 3.7.1.1. Perhitungan Tekanan Injeksi | 49 |
| 3.7.1.2. Perhitungan <i>Horse Power</i> Pompa | 52 |
| 3.7.1.3. Perhitungan Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> <i>Properties</i> | 52 |
| 3.7.2. Kenaikan Permeabilitas Formasi Rata-Rata | 54 |
| 3.7.3. Evaluasi <i>Productivity Index Ratio</i> | 54 |
| 3.7.3.1. Metode McGuire dan Sikora | 55 |
| 3.7.4. Analisa Sistem Nodal | 56 |
| 3.8. Pengenalan Program <i>FracCADE</i> | 58 |
| 3.8.1. <i>Design</i> | 59 |
| 3.8.1.1. <i>General Input</i> (Pemasukan Data) | 59 |
| 3.8.1.2. <i>Pump Schedule Generator</i> (PSG) | 59 |
| 3.8.1.3. <i>PropFrac Placement</i> | 60 |
| 3.8.1.4. Alogaritma | 60 |
| 3.9. Pengenalan <i>Software Pipesim</i> untuk Analisa Produksi | 64 |

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| BAB IV. EVALUASI <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> SUMUR “DA-01” | |
| LAPANGAN “DA” | 67 |
| 4.1. Alasan Dilakukan Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> | 67 |
| 4.2. Pengumpulan Data | 67 |
| 4.3. Perencanaan Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> | 70 |
| 4.3.1. Perencanaan Fluida Perekah | 70 |
| 4.3.2. Perencanaan Pemilihan <i>Proppant</i> | 71 |
| 4.4. Pelaksanaan Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> | 72 |
| 4.4.1. <i>Step Rate Test</i> | 72 |
| 4.4.2. <i>Mini Frac</i> | 74 |
| 4.4.3. <i>Main Frac</i> | 76 |
| 4.5. Evaluasi Hasil Pelaksanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> | 78 |
| 4.5.1. Evaluasi Perhitungan Geometri Rekahan | 79 |
| 4.5.1.1. Evaluasi Geometri Rekahan Perhitungan Manual .. | 79 |
| 4.5.1.2. Evaluasi Geometri Rekahan Perhitungan <i>FracCADE</i> | 82 |
| 4.5.2. Evaluasi Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan dan <i>Horse Power</i> Pompa..... | 85 |
| 4.5.3. Evaluasi Perhitungan Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> <i>Properties</i> | 87 |
| 4.5.4. Evaluasi Produksi | 89 |
| 4.5.4.1. Evaluasi Peningkatan Permeabilitas Formasi Rata- Rata | 90 |
| 4.5.4.2. Evaluasi <i>Productivity Index</i> | 91 |
| 4.5.4.2.1. Metode McGuire dan Sikora | 92 |
| 4.5.4.3. Analisa Nodal | 94 |
| BAB V. PEMBAHASAN | 98 |
| BAB VI. KESIMPULAN | 106 |
| DAFTAR PUSTAKA | 107 |
| LAMPIRAN | 108 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|----------------|
| Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> Evaluasi <i>Hydraulic Fracturing</i> | 4 |
| Gambar 2.1. Letak Geografis Lapangan “DA” | 5 |
| Gambar 2.2. Geologi Regional dan Penampang Cekungan Jawa Barat Utara .. | 6 |
| Gambar 2.3. Penampang Tektonik Cekungan Jawa Barat Utara | 7 |
| Gambar 2.4. Struktur Utama Cekungan Jawa Barat Utara | 8 |
| Gambar 2.5. Kolom Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara | 10 |
| Gambar 2.6. <i>Petroleum System</i> Cekungan Jawa Barat Utara | 17 |
| Gambar 3.1. Hubungan <i>Stress-Strain</i> untuk Material Elastis | 21 |
| Gambar 3.2. Penggambaran Efek <i>Poisson</i> | 22 |
| Gambar 3.3. Definisi <i>Shear Modulus</i> | 23 |
| Gambar 3.4. Harga <i>Shear Rate</i> vs <i>Shear Stress</i> pada <i>Fluida Newtonian</i> dan <i>Non-Newtonian</i> | 27 |
| Gambar 3.5. Efek Temperatur pada Viskositas untuk 40 lb/1000 gal HPG | 27 |
| Gambar 3.6. Pengaruh Kadar <i>Proppant</i> Terhadap Viskositas <i>Fluida Perekah</i> pada Suatu Harga n' | 28 |
| Gambar 3.7. Spesifikasi Ukuran <i>Mesh Proppant CarboLITE</i> | 36 |
| Gambar 3.8. Skematis Model PAN <i>American Howard-Fast</i> | 39 |
| Gambar 3.9. Model Geometri PKN | 42 |
| Gambar 3.10. Model Geometri KGD | 42 |
| Gambar 3.11. <i>Formation Breakdown Test</i> | 45 |
| Gambar 3.12. <i>Step Rate Test P & Q</i> vs t | 46 |
| Gambar 3.13. <i>Step Rate Test P</i> vs Q | 46 |
| Gambar 3.14. <i>Mini Frac P</i> dan Q vs t | 47 |
| Gambar 3.15. Grafik McGuire-Sikora untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas | 56 |
| Gambar 3.16. Kurva IPR Sebelum Perekahan dan Sesudah Perekahan | 57 |
| Gambar 3.17. <i>Flowchart Software FracCADE</i> | 62 |

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

| | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 4.1. Profil Sumur DA-01 | 68 |
| Gambar 4.2. Grafik <i>Step Rate Test</i> Sumur DA-01 | 73 |
| Gambar 4.3. Grafik <i>Step Up Rate Test</i> Sumur DA-01 | 73 |
| Gambar 4.4. Grafik <i>Step Down Rate Test</i> Sumur DA-01 | 74 |
| Gambar 4.5. Grafik <i>Mini Frac</i> Sumur DA-01 | 75 |
| Gambar 4.6. <i>Mini Frac G-Function</i> Sumur DA-01 | 75 |
| Gambar 4.7. Hasil <i>Re-design</i> Simulasi <i>Software MFrac</i> Sumur DA-01 | 76 |
| Gambar 4.8. Grafik <i>Main Frac</i> Sumur DA-01 | 77 |
| Gambar 4.9. Hasil Simulasi Setelah <i>Main Frac</i> | 78 |
| Gambar 4.10. <i>Pumping Schedule</i> Desain Rekahan <i>Software FracCADE</i> | 83 |
| Gambar 4.11. Hasil Model Geometri Rekahan <i>Software FracCADE</i> | 83 |
| Gambar 4.12. Geometri Rekahan 3D..... | 84 |
| Gambar 4.13. <i>Summary</i> Perhitungan Geometri Rekahan <i>FracCADE</i> | 84 |
| Gambar 4.14. Grafik McGuire-Sikora untuk Menunjukkan Kenaikan Produktivitas Sumur DA-01 | 93 |
| Gambar 4.15. Kurva Analisa Nodal Q_L vs P_{wf} Sumur DA-01 | 96 |
| Gambar 4.16. Kurva Analisa Nodal Q_o vs P_{wf} Sumur DA-01 | 96 |
| Gambar A.1. Profil Sumur DA-01 | 109 |
| Gambar A.2. Well Lithology Sumur DA-01 | 109 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|----------------|
| Tabel III-1. <i>Screening Criteria</i> Berbagai Metode Stimulasi | 19 |
| Tabel III-2. <i>Persamaan dalam PKN dan KGD</i> | 41 |
| Tabel III-3. Harga C1 sampai C6 | 41 |
| Tabel IV-1. Data Lapangan Sumur DA-01 | 67 |
| Tabel IV-2. Data Kompleksi Sumur DA-01 | 69 |
| Tabel IV-3. Data <i>Reservoir</i> Sumur DA-01 | 69 |
| Tabel IV-4. Data Mekanika Batuan Sumur DA-01 | 69 |
| Tabel IV-5. Data Produksi Sumur DA-01 Sebelum Perekahan..... | 70 |
| Tabel IV-6. <i>Frac Fluid Properties</i> Sumur DA-01 | 70 |
| Tabel IV-7. <i>Proppant Properties</i> Sumur DA-01 | 72 |
| Tabel IV-8. <i>Final Design Pumping Schedule</i> Sumur DA-01 | 76 |
| Tabel IV-9. <i>Actual Pumping Schedule</i> Sumur DA-01 | 77 |
| Tabel IV-10. Hasil <i>Actual</i> Geometri Rekahan <i>MFrac</i> Sumur DA-01 | 78 |
| Tabel IV-11. Data Geometri Rekahan Sumur DA-01 | 79 |
| Tabel IV-12. Hasil Iterasi Perhitungan Sumur DA-01 | 81 |
| Tabel IV-13. Perbandingan Hasil Aktual <i>MFrac</i> dengan Perhitungan Manual Geometri Rekahan Metode KGD Sumur DA-01 | 82 |
| Tabel IV-14. Data Perhitungan Tekanan Injeksi di Permukaan dan Horse Power Pompa Sumur DA-01 | 85 |
| Tabel IV-15. Data Perhitungan <i>Frac Fluid</i> dan <i>Proppant Properties</i> Sumur DA-01 | 87 |
| Tabel IV-16. Perbandingan Hasil Desain Aktual dengan Perhitungan Manual <i>Main Treatment</i> Sumur DA-01 | 89 |
| Tabel IV-17. Perbandingan Parameter <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur DA-01 Hasil Aktual, Perhitungan Manual KGD, dan <i>Software FracCADE</i> | 89 |
| Tabel IV-18. Parameter Perhitungan Evaluasi Produksi Sumur DA-01 | 90 |
| Tabel IV-19. Hasil Evaluasi Permeabilitas Formasi Rata-Rata Sumur DA-01 . | 91 |

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| Tabel IV-20. Nilai PI Setelah Perekahan | 94 |
| Tabel IV-21. Input Data <i>Software Pipesim</i> Sebelum <i>Hydraulic Fracturing</i> | 94 |
| Tabel IV-22. Input Data <i>Software Pipesim</i> Sesudah <i>Hydraulic Fracturing</i> | 95 |
| Tabel A-1. <i>Fracturing Fluid QC</i> | 115 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|----------------|
| Lampiran A. <i>Post Job Report Hydraulic Fracturing</i> Sumur DA-01 | 108 |