

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH..... | iii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iv |
| KATA PENGANTAR | v |
| RINGKASAN | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Maksud dan Tujuan | 2 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5. Metodologi | 3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN UMUM LAPANGAN | 7 |
| 2.1. Letak Geografis dan Sejarah Lapangan ABAYSA | 7 |
| 2.2. Struktur Geologi Lapangan ABAYSA..... | 9 |
| 2.3. Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Bagian Utara | 11 |
| BAB III DASAR TEORI..... | 16 |
| 3.1. Reservoir Batugamping Bioklastik..... | 17 |
| 3.2. Mekanika Batuan..... | 19 |

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

| | Halaman |
|--|----------------|
| 3.2.1. <i>Stress dan Strain</i> | 20 |
| 3.2.2. <i>Poisson's Ratio</i> | 23 |
| 3.2.3. <i>Modulus Young</i> | 25 |
| 3.3. <i>Principle Stress Analysis</i> | 26 |
| 3.3.1. <i>Vertical Stress (Tekanan Overburden)</i> | 26 |
| 3.3.2. <i>Tekanan Pori</i> | 27 |
| 3.3.2.1. <i>Klasifikasi tekanan pori</i> | 27 |
| 3.3.2.2. <i>Metode penentuan tekanan pori</i> | 29 |
| 3.3.3. <i>In-Situ Stress</i> | 31 |
| 3.3.3.1. <i>Minimum horizontal stress</i> | 34 |
| 3.3.3.2. <i>Maximum horizontal stress</i> | 34 |
| 3.4. <i>Zona Perekahan</i> | 35 |
| 3.4.1. <i>Brittleness Index</i> | 36 |
| 3.4.2. <i>Fracability Index</i> | 39 |
| 3.5. <i>Operasi Hydraulic Fracturing</i> | 40 |
| 3.5.1. <i>Pertimbangan Dilakukannya Perekahan Hidrolik</i> | 40 |
| 3.5.2. <i>Pengumpulan Data Perekahan Hidolik</i> | 41 |
| 3.5.2.1. <i>Formation breakdown</i> | 41 |
| 3.5.2.2. <i>Data perekahan pada lapangan yang lalu</i> | 42 |
| 3.5.2.3. <i>Step rate test</i> | 42 |
| 3.5.2.4. <i>Shut-in decline test</i> | 43 |
| 3.5.2.5. <i>Back flow test</i> | 44 |
| 3.5.2.6. <i>Minifrac</i> | 45 |
| 3.5.2.7. <i>Leak-off test</i> | 46 |

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| 3.5.3. Tekanan Injeksi | 46 |
| 3.5.4. Operasi <i>Hydraulic Fracturing</i> | 48 |
| 3.5.5. Fluida Perekah dan <i>Additive</i> | 49 |
| 3.5.5.1. Mekanika fluida perekahan hidraulik..... | 49 |
| 3.5.5.2. Jenis fluida perekahan | 55 |
| 3.5.5.3. Jenis <i>additive</i> | 58 |
| 3.5.5.4. Pengaruh fluida perekahan terhadap konduktivitas rekahan | 61 |
| 3.5.5.5. Pemilihan fluida perekahan | 61 |
| 3.5.3. <i>Proppant</i> | 64 |
| 3.5.3.1. Sifat fisik <i>proppant</i> | 65 |
| 3.5.3.2. Jenis <i>proppant</i> | 67 |
| 3.5.3.3. Pengaruh <i>proppant</i> terhadap konduktivitas rekahan | 70 |
| 3.5.3.4. Pemilihan <i>proppant</i> | 71 |
| 3.6. Model Geometri | 73 |
| 3.6.1 Model PKN & KGD..... | 73 |
| 3.6.1.1. Model PKN..... | 73 |
| 3.6.1.2. Model KGD..... | 77 |
| 3.6.2. Model simulasi <i>Software “X”</i> | 80 |
| 3.6.2.1. <i>Input data</i> | 80 |
| 3.6.2.2. Pemilihan fluida perekah, <i>additive</i> , dan <i>poppant</i> | 86 |
| 3.6.2.3. Penentuan <i>pump schedule</i> | 88 |
| 3.6.2.4. Data hasil perhitungan (<i>output data</i>)..... | 90 |

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

| | Halaman |
|--|----------------|
| 3.7. Evaluasi Model Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> | 91 |
| 3.7.1. Evaluasi Desain Operasi..... | 91 |
| 3.7.1.1. Evaluasi <i>fracture properties</i> | 91 |
| 3.7.1.2. Konduktivitas rekahan..... | 92 |
| 3.7.2. Evaluasi Produksi | 92 |
| 3.7.2.1. Permeabilitas formasi rata – rata | 93 |
| 3.7.2.2. <i>Productivity Index (PI)</i> | 94 |
| BAB IV PERENCANAAN STIMULASI DENGAN PEREKAHAN HIDROLIK | 104 |
| 4.1. Alasan Dilakukan Perekahan Hidrolik | 104 |
| 4.2. Mekanika Batuan..... | 105 |
| 4.2.1. Persiapan Data | 105 |
| 4.2.2. <i>Poisson's Ratio</i> | 107 |
| 4.2.3. Modulus Young | 109 |
| 4.2.4. <i>Brittleness Index</i> | 111 |
| 4.2.5. <i>Fracability Index</i> | 113 |
| 4.3. Analisa In-Situ Stress | 115 |
| 4.3.1. <i>Input Data</i> | 115 |
| 4.3.2. Penentuan <i>Vertical Stress (Overburden Pressure)</i> | 117 |
| 4.3.3. Penentuan <i>Pore Pressure</i> | 118 |
| 4.3.4. Penentuan <i>In-situ Stress (Minimum dan Maximum Horizontal Stress)</i> | 121 |
| 4.4. Zona Perekahan | 124 |

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| 4.5. Penentuan Geometri Rekahan | 127 |
| 4.5.1. Pengumpulan Data..... | 127 |
| 4.5.1. Pemilihan Fluida Perekah dan Proppant..... | 128 |
| 4.5.1. Manual metode PKN | 131 |
| 4.5.2. Simulasi <i>Software “X”</i> | 134 |
| 4.5.2.1. <i>Input data</i> | 134 |
| 4.5.2.2. Uji sensitivitas | 135 |
| 4.6. Hasil Analisa | 136 |
| 4.6.1. Evaluasi Geometri Rekahan | 136 |
| 4.6.2. Permeabilitas Rekahan | 136 |
| 4.6.3. Geometri Rekahan | 138 |
| 4.6.3. Evaluasi <i>Productivity Index</i> | 141 |
| BAB V PEMBAHASAN | 143 |
| BAB VI KESIMPULAN | 150 |
| DAFTAR PUSTAKA | 151 |
| LAMPIRAN..... | 154 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> | 6 |
| Gambar 2.1. Peta Lokasi Lapangan ABAYSA | 8 |
| Gambar 2.2. Fisiografi Pulau Jawa, Lapangan ABAYSA Terletak pada Kotak Warna Kuning | 10 |
| Gambar 2.3. Stratigrafi dan Litologi Lapangan ABAYSA, Formasi Batugamping Bioklastik pada Kotak Warna Merah | 15 |
| Gambar 3. 1. Klasifikasi Batugamping Berdasarkan Lingkungan Pengendapan | 18 |
| Gambar 3. 2. Klasifikasi Batugamping Berdasarkan Ukuran Butir, Sortasi, dan Porositas | 19 |
| Gambar 3. 3. Strain Akibat Gaya yang Bekerja Pada Suatu Sidang | 21 |
| Gambar 3. 4. Hubungan <i>Stress-Strain</i> pada Material Elastis | 22 |
| Gambar 3. 5. Pembentukan Rekahan dari Tekanan <i>In-Situ</i> | 31 |
| Gambar 3. 6. <i>Stress Regime</i> dan Berbagai Harga <i>Stress</i> | 33 |
| Gambar 3. 7. Modulus Young vs Poisson's <i>Ratio</i> | 37 |
| Gambar 3. 8. <i>Formation Breakdown Test</i> | 42 |
| Gambar 3. 9. <i>Step Rate Test P</i> dan <i>Q</i> | 43 |
| Gambar 3. 10. Plot <i>P</i> vs Akar Waktu | 44 |
| Gambar 3. 11. <i>Backflow Test</i> | 44 |
| Gambar 3. 12. Grafik Tekanan dan Laju Injeksi | 45 |

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| Gambar 3.11. Litologi <i>Shale</i> Pada Log <i>Resistivity</i> Dan Log <i>Sonic</i> | 37 |
| Gambar 3. 13. Grafik Pola Tekanan pada <i>Hydraulic Fracturing</i> | 47 |
| Gambar 3. 14. Model Rheologi Fluida Perekah..... | 50 |
| Gambar 3. 15. Laju <i>Loss</i> Fluida pada Rekahan | 52 |
| Gambar 3. 16. Pedoman Pemilihan Fluida Perekah..... | 62 |
| Gambar 3. 17. Bentuk Visual <i>Roundness</i> dan <i>Sphericity</i> | 65 |
| Gambar 3. 18. Ukuran <i>Mesh Proppant</i> | 67 |
| Gambar 3. 19. Geometri Rekahan Model PKN | 74 |
| Gambar 3. 20. Geometri Rekahan Model KGD..... | 78 |
| Gambar 3. 21. <i>Input</i> Administrasi <i>Project</i> Baru | 81 |
| Gambar 3. 22. <i>Input</i> Data Kompleksi Sumur..... | 82 |
| Gambar 3. 23. <i>Input</i> Data Kemiringan Sumur | 82 |
| Gambar 3. 24. <i>Input</i> Data <i>Casing</i> dan <i>Tubing</i> | 83 |
| Gambar 3. 25. <i>Casing Grade Database</i> | 83 |
| Gambar 3. 26. <i>Input</i> Data Perforasi | 84 |
| Gambar 3. 27. <i>Input</i> Data Mekanika Batuan..... | 84 |
| Gambar 3. 28. <i>Input</i> Data Komposisi Batuan dan Fluida | 85 |
| Gambar 3. 29. <i>Input</i> Data Fluida Reservoir | 85 |
| Gambar 3. 30. Pemilihan Jenis Fluida Perekah | 86 |

DAFTAR GAMBAR
(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| Gambar 3. 24. Bentuk <i>Visual Roundness</i> dan <i>Sphericity</i> | 78 |
| Gambar 3. 31. Bahan <i>Additive</i> pada Fluida Perekah..... | 86 |
| Gambar 3. 32. Pemilihan Jenis <i>Proppant</i> | 87 |
| Gambar 3. 33. Sifat Fisik <i>Proppant</i> | 87 |
| Gambar 3. 34. Jendela Penentuan Injeksi Fluida Perekah dan <i>Proppant</i> | 88 |
| Gambar 3. 35. Penentuan Model Geometri Perekahan | 88 |
| Gambar 3. 36. Analisa <i>PSG</i> | 89 |
| Gambar 3. 37. Hasil Analisa <i>PSG</i> | 89 |
| Gambar 3. 38. Hasil Simulasi Geometri Rekahan | 90 |
| Gambar 3. 39. Grafik McGuire-Sikora untuk Menentukan Kenaikan <i>PI</i> | 96 |
| Gambar 3. 40. Plot Fcd vs rw'/X_f | 99 |
| Gambar 3. 41. Kurva Kenaikan Produktivitas Tinsley | 103 |
| Gambar 4. 1. Data Log pada Formasi Batugamping Bioklastik Sumur “ABS-00X” (<i>Gamma Ray Log, Sonic Log, Resistivity Log</i> dan <i>Density Log</i>) | 106 |
| Gambar 4. 2. Pembuatan <i>Project</i> pada <i>Software</i> Simulasi Pembantu pada Sumur “ABS-00X” | 115 |
| Gambar 4. 3. <i>Input Data Log</i> ada <i>Software</i> pada Sumur “ABS-00X” | 116 |
| Gambar 4. 4. Hasil <i>Input Data Log</i> Pada <i>Software</i> pada Sumur “ABS-00X” .. | 116 |
| Gambar 4. 5. Hasil Analisa Gradien Tekanan <i>Overburden</i> pada <i>Software</i> pada Sumur “ABS-00X” | 117 |

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

| | Halaman |
|--|----------------|
| Gambar 4. 6. Litologi <i>Shale</i> Pada Log <i>GR</i> , Log <i>Resistivity</i> , dan Log <i>Sonic</i> pada Sumur “ABS-00X” | 119 |
| Gambar 4. 7. Tekanan Pori Pada Log <i>Resistivity</i> dan Log <i>Sonic</i> pada Sumur “ABS-00X” | 120 |
| Gambar 4. 8. Hasil <i>Stress Horizontal</i> Minimum dan <i>Stress Horizontal</i> Maksimum pada Sumur “ABS-00X”..... | 121 |
| Gambar 4. 9. Zona Perekahan Sumur “ABS-00X”..... | 125 |
| Gambar 4. 10. Modulus Young vs Poisson’s Ratio Sumur “ABS-00X” | 126 |
| Gambar 4. 11. Pedoman Pemilihan Fluida Perekah..... | 129 |
| Gambar 4. 12. Geometri Rekahan Model 2D pada Sumur “ABS-00X” | 140 |
| Gambar 4. 13. Geometri Rekahan Model 3D pada Sumur “ABS-00X” | 140 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel III - 1. <i>Stress Regime</i> pada Berbagai Jenis Patahan | 32 |
| Tabel III - 2. Klasifikasi Sifat Batuan Berdasarkan <i>Brittleness</i> | 36 |
| Tabel III - 3. Klasifikasi Sifat Batuan Berdasarkan <i>Fracability Index</i> | 39 |
| Tabel III - 4. Batas Beban Maksimum <i>Proppant</i> Berdasarkan | 72 |
| Tabel III - 5. Spesifikasi <i>Proppant</i> | 72 |
| Tabel III - 2. Klasifikasi Sifat Batuan Berdasarkan <i>Brittleness</i> | 48 |
| Tabel III - 3. Klasifikasi Sifat Batuan Berdasarkan <i>Fracability Index</i> | 51 |
| Tabel III - 4. Batas Beban Maksimum <i>Proppant</i> Berdasarkan Ukuran | 85 |
| Tabel III - 5. <i>Spesifikasi Proppant</i> | 86 |
| Tabel IV- 1. Hasil Perhitungan <i>Poisson's Ratio</i> | 108 |
| Tabel IV- 2. Hasil Perhitungan Modulus Young | 110 |
| Tabel IV- 3. Hasil Perhitungan <i>Brittleness Index</i> | 112 |
| Tabel IV- 4. Hasil Perhitungan <i>Fracability Index</i> | 114 |
| Tabel IV- 5. Hasil Perhitungan Tekanan <i>In-Situ</i> pada Sumur "ABS-00X" | 123 |
| Tabel IV- 7. Zona Perekahan Sumur "ABS-00X" | 126 |
| Tabel IV- 8. Data Reservoir Sumur "ABS-00X" | 127 |
| Tabel IV- 9. Kompleksi dan Perforasi Sumur "ABS-00X" | 128 |
| Tabel IV- 10. Mekanika Batuan Sumur "ABS-00X" | 128 |
| Tabel IV- 11. <i>Fracture Fluid Additive</i> untuk Sumur "ABS-00X" | 129 |
| Tabel IV- 12. <i>Fracture Fluid Properties</i> Sumur "ABS-00X" | 130 |
| Tabel IV- 13. <i>Proppant Properties</i> Sumur "ABS-00X" | 131 |
| Tabel IV- 14. Parameter <i>Input</i> Perhitungan Geometri Rekahan Manual | 131 |
| Tabel IV- 15. Sensitivitas Laju Injeksi | 134 |
| Tabel IV- 16. Uji Sensitivitas Sumur "ABS-00X" | 135 |

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

| | Halaman |
|---|----------------|
| Tabel IV- 17. Perbandingan Geometri Rekahan Manual dan <i>Software</i> “X” | 136 |
| Tabel IV- 18. Data Perhitungan Permeabilitas Setelah Perekahan pada Laju Injeksi 30 BPM..... | 137 |
| Tabel IV- 19. <i>Pump Schedule</i> pada Laju Injeksi 30 BPM Sumur “ABS-00X” ... | 138 |
| Tabel IV. 20. Parameter Perencanaan Perekahan Hidrolik | 139 |
| Tabel IV- 21. Data Perhitungan PI Metode Prats | 141 |