



## DAFTAR ISI (LANJUTAN)

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| 3.3 Zona Prospek.....   | 33             |
| 3.3.1 <i>Brittleness Index</i> .....  | 33             |
| 3.3.2 <i>Fracability Index</i> .....  | 38             |
| 3.4 <i>Principle Stress Analysis</i> .....  | 41             |
| 3.4.1 <i>Vertical Stress (Overburden Stress)</i> .....  | 41             |
| 3.4.2 Tekanan Pori .....  | 42             |
| 3.4.3 <i>In-situ Stress</i> .....   | 45             |
| 3.4.4 Tekanan Rekah Formasi.....  | 49             |
| 3.5 Fluida Perekah.....   | 52             |
| 3.5.1 Mekanika Fluida Perekahan Hidraulik .....   | 53             |
| 3.5.2 Fluida Dasar dan <i>Additive</i> .....  | 59             |
| 3.6 Material Penganjal ( <i>Proppant</i> ).....   | 68             |
| 3.6.1 Jenis <i>Proppant</i> .....   | 69             |
| 3.6.2 Spesifikasi Ukuran <i>Proppant</i> .....  | 70             |
| 3.6.3 Sifat Fisik <i>Proppant</i> .....   | 71             |
| 3.6.4 Transportasi <i>Proppant</i> .....  | 72             |
| 3.7 Model Geometri Rekahan Dua Dimensi .....  | 73             |
| 3.7.1 Model PKN (PERKIRNS, KERN DAN NORDGEN) .....  | 74             |
| 3.7.2 Model KGD (KRISTIANOVICH, GEERTSMA DAN DE KLERK)<br>.....                                 | 75             |
| 3.7.3 Kriteria Pemilihan Model Rekahan PKN dan KGD .....  | 77             |
| 3.8 Volume <i>Treatment</i> Fluida Perekah, <i>Proppant</i> , dan <i>Pumping Schedule</i> ..... | 78             |
| 3.9 Penentuan Konduktivitas Rekahan dan FCD .....   | 78             |
| 3.10 Permeabilitas Formasi Rata – Rata .....  | 80             |
| <b>BAB IV PERENCANAAN AWAL <i>HYDRAULIC FRACTURING</i> .....</b>                                | <b>81</b>      |
| 4.1 Data Sumur .....  | 81             |
| 4.2 Zona Produktif .....  | 81             |
| 4.3 Penentuan Sifat Mekanika Batuan .....   | 82             |
| 4.3.1 <i>Poisson's Ratio</i> .....  | 83             |
| 4.3.2 <i>Young's Modulus</i> .....  | 84             |
| 4.4 <i>Principle Stress Analysis</i> .....  | 87             |
| 4.4.1 <i>Input Data</i> pada <i>Software Logging</i> .....                                      | 87             |
| 4.4.2 Penentuan <i>Vertical Stress (Overburden Stress)</i> .....                                | 89             |
| 4.4.3 Penentuan <i>Pore Pressure</i> .....  | 90             |
| 4.4.4 Penentuan <i>In-situ Stress (Minimum dan Maximum Horizontal Stress)</i><br>.....          | 92             |
| 4.5 Perencanaan Awal <i>Hydraulic Fracturing</i> .....  | 93             |
| 4.5.1 Zona Prospek.....   | 94             |

## DAFTAR ISI (LANJUTAN)

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| 4.6 Simulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur AM-01 dengan <i>Software Hydraulic Fracturing</i> ..... | 99             |
| 4.6.1 Persiapan Data.....  | 99             |
| 4.6.2 Fluida Perekah.....  | 99             |
| 4.6.3 <i>Proppant</i> .....  | 101            |
| 4.6.4 Sensitivitas Fluida Perekah dan Konsentrasi Gel.....   | 102            |
| 4.6.5 Permeabilitas Formasi Rata – Rata .....  | 104            |
| <b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>  | <b>106</b>     |
| 5.1 Penentuan Sifat Mekanika Batuan .....  | 106            |
| 5.2 <i>Principle Stress Analysis</i> .....   | 107            |
| 5.3 Perencanaan Awal <i>Hydraulic Fracturing</i> .....   | 109            |
| <b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>   | <b>113</b>     |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>114</b>     |
| <b>DAFTAR SIMBOL .....</b>   | <b>116</b>     |
| <b>LAMPIRAN.....</b>   | <b>118</b>     |

## DAFTAR GAMBAR

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>Gambar 1. 1.</b> <i>Flowchart</i> Penelitian.....   | 3              |
| <b>Gambar 2. 1.</b> Peta Lapangan “Y” .....  | 5              |
| <b>Gambar 2. 3.</b> Skema Kronostratigrafi Cekungan Sumatera Selatan.....  | 7              |
| <b>Gambar 3. 1.</b> Skematik Proses Stimulasi <i>Hydraulic Fracturing</i> .....                                      | 11             |
| <b>Gambar 3. 2.</b> Defleksi Kurva <i>Gamma-Ray Log</i> .....  | 13             |
| <b>Gambar 3. 3.</b> Pengukuran Resistivitas Air Asin/Garam.....  | 16             |
| <b>Gambar 3. 4.</b> Pengukuran Resistivitas Air Garam dari Sampel Batuan Berpori                                     | 17             |
| <b>Gambar 3. 5.</b> Hubungan antara Faktor Formasi (F) dan Resistivitas Air Garam<br>(Rw) .....                      | 18             |
| <b>Gambar 3. 6.</b> Defleksi Kurva <i>Induction Log</i> .....  | 19             |
| <b>Gambar 3. 7.</b> Ilustrasi <i>Focused Lateral Log</i> .....   | 20             |
| <b>Gambar 3. 8.</b> Defleksi Kurva <i>Lateral Log</i> .....  | 21             |
| <b>Gambar 3. 9.</b> Defleksi Kurva <i>Density Log</i> .....  | 23             |
| <b>Gambar 3. 10.</b> <i>True Porosity Correction Chart</i> - Snp.....  | 25             |
| <b>Gambar 3. 11.</b> <i>True Porosity Correction Chart</i> - CNL.....  | 25             |
| <b>Gambar 3. 12.</b> Defleksi Kurva <i>Neutron Log</i> .....   | 26             |
| <b>Gambar 3. 13.</b> Plot <i>Stress</i> vs Regangan .....  | 30             |
| <b>Gambar 3. 14.</b> <i>Young’s Modulus</i> vs <i>Poisson’s Ratio</i> .....  | 35             |
| <b>Gambar 3. 15.</b> Kondisi Patahan dan Sifatnya .....  | 47             |
| <b>Gambar 3. 16.</b> Harga <i>Shear Rate</i> vs <i>Shear stress</i> pada Fluida Newtonian dan<br>Non-Newtonian ..... | 54             |
| <b>Gambar 3. 17.</b> Efek Temperatur pada Viskositas untuk 40 lb/1000 gal HPG.....                                   | 55             |
| <b>Gambar 3. 18.</b> Pengaruh Kadar <i>Proppant</i> Terhadap Viskositas Fluida Perekah<br>pada Suatu Harga n’ .....  | 56             |
| <b>Gambar 3. 19.</b> Plot Hasil Laboratorium untuk Mencari $C_w = C_{III}$ .....                                     | 58             |
| <b>Gambar 3. 20.</b> Petunjuk Penggunaan Fluida <i>Fracturing Pada Gas Well</i> .....                                | 62             |
| <b>Gambar 3. 21.</b> Petunjuk Penggunaan Fluida <i>Fracturing Pada Oil Well</i> .....                                | 62             |
| <b>Gambar 3. 24.</b> Skematik dari Pengembangan Linier Perekahan Menurut Model<br>PKN.....                           | 75             |
| <b>Gambar 3. 25.</b> Skematik dari Pengembangan Linier Perekahan Menurut Model<br>KGD .....                          | 76             |
| <b>Gambar 3. 26.</b> <i>Fracture Half Length</i> dan Permeabilitas Formasi .....                                     | 79             |
| <b>Gambar 4. 1.</b> <i>Hydrocarbon Content</i> pada <i>Main Log</i> .....  | 82             |
| <b>Gambar 4. 2.</b> <i>Depth</i> vs <i>Poisson’s Ratio</i> .....   | 84             |
| <b>Gambar 4. 3.</b> <i>Depth</i> vs <i>Young’s Modulus</i> .....   | 86             |
| <b>Gambar 4. 4.</b> Tampilan Pembuatan <i>Project</i> pada <i>Software Logging</i> .....                             | 88             |
| <b>Gambar 4. 5.</b> Tampilan Penginputan <i>Data Log</i> Pada <i>Software Logging</i> .....                          | 88             |
| <b>Gambar 4. 6.</b> Tampilan Hasil Input <i>Data Log</i> Pada <i>Software Logging</i> .....                          | 89             |
| <b>Gambar 4. 7.</b> Tampilan Hasil Perhitungan <i>Overburden gradient</i> Pada <i>Software<br/>Logging</i> .....     | 90             |

## DAFTAR GAMBAR (LANJUTAN)

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>Gambar 4. 8.</b> Tampilan Hasil <i>Pore Pressure</i> Pada Sumur AM-01 .....   | 91             |
| <b>Gambar 4. 9.</b> Hasil <i>Stress</i> Horizontal Minimum dan <i>Stress</i> Horizontal Maksimum<br>.....                                | 93             |
| <b>Gambar 4. 10.</b> Hasil Plot <i>Brittleness Index</i> dan <i>Fracability Index</i> .....  | 98             |
| <b>Gambar 4. 11.</b> Perbandingan <i>Proppant Permeability</i> vs <i>Closure Stress</i> .....  | 101            |
| <b>Gambar 4. 12.</b> Sensitivitas Fluida Perekah, Massa Proppant, dan Konsentrasi Gel<br>Pada <i>Software Hydraulic Fracturing</i> ..... | 102            |
| <b>Gambar 4. 13.</b> Hasil <i>Hydraulic Fracturing</i> Pada <i>Software Hydraulic Fracturing</i><br>.....                                | 103            |

## DAFTAR TABEL

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>Tabel III. 1.</b> Kandungan K, U, dan Th pada Mineral .....  | 14             |
| <b>Tabel III. 2.</b> Kandungan K, U, dan Th pada Batuan .....   | 14             |
| <b>Tabel III. 3.</b> Harga Densitas Matrik Batuan .....   | 23             |
| <b>Tabel III. 4.</b> <i>Transit Time</i> Matrik untuk Beberapa Jenis Batuan .....   | 27             |
| <b>Tabel III. 5.</b> Klasifikasi Sifat Batuan Berdasarkan <i>Brittleness</i> .....  | 34             |
| <b>Tabel III. 6.</b> Klasifikasi Sifat Batuan Berdasarkan <i>Fracability Index</i> .....  | 38             |
| <b>Tabel III. 7.</b> <i>Stress Regime</i> pada Berbagai Jenis Patahan.....  | 46             |
| <b>Tabel III. 8.</b> Batas Maksimum yang Diijinkan Untuk <i>Crush Resistance</i> .....  | 72             |
| <b>Tabel III. 9.</b> Persamaan untuk Mencari Panjang Rekahan (L), Lebar Rekahan<br>Maksimum (w), dan Tekanan Injeksi (P) jika Dianggap Laju Injeksi Konstan ... | 77             |
| <b>Tabel III. 10.</b> Harga C1 sampai C6 (Economides & Nolte, 2000) .....   | 77             |
| <b>Tabel IV. 1.</b> Hasil Perhitungan <i>Poisson's Ratio</i> .....  | 83             |
| <b>Tabel IV. 2.</b> Hasil Perhitungan <i>Young's Modulus</i> .....  | 85             |
| <b>Tabel IV. 3.</b> Hasil Perhitungan <i>Brittleness Index</i> .....  | 95             |
| <b>Tabel IV. 4.</b> Hasil Perhitungan <i>Fracability Index</i> .....  | 96             |
| <b>Tabel IV. 5.</b> Parameter Zona Prospek .....  | 98             |
| <b>Tabel IV. 6.</b> Karakteristik <i>Cross-link Agent</i> yang Umum Digunakan .....   | 100            |
| <b>Tabel IV. 8.</b> <i>Fracture Fluid Properties</i> .....  | 100            |
| <b>Tabel IV. 9.</b> <i>Proppant Properties</i> .....  | 102            |
| <b>Tabel IV. 10.</b> Hasil Dimensi <i>Hydraulic Fracturing</i> dengan <i>Software Hydraulic<br/>Fracturing</i> .....  | 103            |
| <b>Tabel IV. 11.</b> Hasil Konduktivitas Rekahan <i>Hydraulic Fracturing</i> dengan<br><i>Software Hydraulic Fracturing</i> .....                               | 103            |
| <b>Tabel IV. 12.</b> Data untuk Perhitungan Permeabilitas Formasi Rata-rata Setelah<br>Perekahan .....  | 104            |
| <b>Tabel IV. 13.</b> Hasil Peningkatan Permeabilitas Formasi Rata – Rata pada<br>Perencanaan <i>Hydraulic Fracturing</i> Sumur AM-01 .....                      | 105            |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>LAMPIRAN A</b> Persiapan Data.....   | 119            |
| <b>LAMPIRAN B</b> Pembuatan Model Geomekanik 2D Menggunakan <i>Software Logging</i> ..... | 123            |
| <b>LAMPIRAN C</b> Perhitungan Manual Volume Fluida .....                                  | 126            |
| <b>LAMPIRAN D</b> Hasil Akhir <i>Software Hydraulic Fracturing</i> .....                  | 130            |