

## DAFTAR ISI

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                   | <b>i</b>       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>               | <b>ii</b>      |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....</b> | <b>iii</b>     |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>             | <b>iv</b>      |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                  | <b>v</b>       |
| <b>RINGKASAN .....</b>                       | <b>vi</b>      |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                      | <b>vii</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                   | <b>xii</b>     |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                    | <b>xv</b>      |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                 | <b>xvii</b>    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                | <b>1</b>       |
| 1.1. Latar Belakang Masalah .....            | 1              |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                   | 3              |
| 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian .....      | 3              |
| 1.4. Metodologi Penelitian .....             | 4              |
| 1.5. Sistematika Penelitian .....            | 7              |
| <b>BAB II TINJAUAN LAPANGAN.....</b>         | <b>8</b>       |
| 2.1. Letak Geografis Lapangan .....          | 8              |
| 2.2. Geologi Lapangan .....                  | 8              |
| 2.2.1. Struktur Geologi Regional.....        | 10             |
| 2.2.2. Tektonostratigrafi .....              | 11             |
| 2.3. Sejarah Lapangan .....                  | 12             |
| 2.4. Data Sumur .....                        | 15             |
| 2.5. Stratigrafi Regional .....              | 16             |
| 2.5.1. Formasi Jatibarang.....               | 17             |
| 2.5.2. Formasi Talang Akar.....              | 17             |
| 2.5.3. Formasi Baturaja .....                | 17             |

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

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| 2.5.4. Formasi Cibulakan Atas .....             | 17             |
| 2.5.5. Formasi Parigi .....                     | 18             |
| 2.5.6. Formasi Cisubuh .....                    | 18             |
| <b>BAB III DASAR TEORI .....</b>                | <b>19</b>      |
| 3.1. Geomekanik .....                           | 19             |
| 3.2. Sifat Mekanika Batuan .....                | 19             |
| 3.2.1. <i>Stress</i> .....                      | 19             |
| 3.2.2. <i>Strain</i> .....                      | 21             |
| 3.2.3. <i>Possion's Ratio</i> .....             | 22             |
| 3.2.4. <i>Young's Modulus</i> .....             | 24             |
| 3.2.5. <i>Friction Angle</i> .....              | 25             |
| 3.2.6. <i>Compressive Strength</i> .....        | 27             |
| 3.2.7. <i>Cohesive Strength</i> .....           | 27             |
| 3.2.8. Teori Mohr .....                         | 28             |
| 3.2.9. <i>Biot's Parameter</i> .....            | 28             |
| 3.3. Profil Tekanan Bawah Permukaan .....       | 29             |
| 3.3.1. <i>Hydrostatic Pressure</i> .....        | 29             |
| 3.3.2. <i>Overburden Stress</i> .....           | 30             |
| 3.3.3. <i>Pore Pressure</i> .....               | 31             |
| 3.3.3.1. <i>Normal Pore Pressure</i> .....      | 34             |
| 3.3.3.2. <i>Abnormal Pore Pressure</i> .....    | 35             |
| 3.3.3.2.1. <i>Subnormal</i> .....               | 35             |
| 3.3.3.2.2. <i>Overpressure</i> .....            | 37             |
| 3.3.3.2.2.1. <i>Loading Mechanism</i> .....     | 42             |
| 3.3.3.2.2.2. <i>Unloading Mechanism</i> .....   | 43             |
| 3.3.4. <i>Formation Fracture Pressure</i> ..... | 44             |

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

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| 3.3.5. <i>In situ Stress</i> .....                             | 48             |
| 3.3.5.1. <i>Minimum Horizontal Stress</i> .....                | 49             |
| 3.3.5.2. <i>Maximum Horizontal Stress</i> .....                | 51             |
| 3.3.6. <i>Shear Failure Gradient</i> .....                     | 51             |
| 3.4. Perhitungan Tekanan Bawah Permukaan .....                 | 54             |
| 3.5. Mineralogi .....  | 60             |
| 3.5.1. <i>Shale</i> .....                                      | 60             |
| 3.5.1.1. <i>Klasifikasi Mineral Shale</i> .....                | 61             |
| 3.5.1.2. <i>Jenis-jenis Shale</i> .....                        | 65             |
| 3.5.2. <i>Cation Exchange Capacity (CEC)</i> .....             | 66             |
| 3.5.3. <i>Hidrasi Clay</i> .....                               | 67             |
| 3.5.4. <i>Problem Shale</i> .....                              | 67             |
| 3.5.5. <i>Diagnosa Problem Shale</i> .....                     | 69             |
| 3.6. <i>Analisis X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....             | 73             |
| 3.6.1. <i>Metode Analisis XRD</i> .....                        | 75             |
| 3.7. <i>Methylene Blue Test (MBT)</i> .....                    | 76             |
| 3.8. <i>Analisis Brittleness Index (BI)</i> .....              | 78             |
| <b>BAB IV ANALISIS GEOMEKANIK 1D DAN MINERALOGI UNTUK</b>      |                |
| <b><i>WELLBORE STABILITY SUMUR SEN-001</i> .....</b>           | <b>81</b>      |
| 4.1. <i>Data Sumur SEN-001</i> .....                           | 81             |
| 4.2. <i>Analisis Geomekanik Menggunakan Drillworks Predict</i> |                |
| <i>Software</i> .....  | 84             |
| 4.2.1. <i>Input Data Log</i> .....                             | 84             |
| 4.2.2. <i>Analisis SBL pada Gamma Ray Log</i> .....            | 86             |
| 4.2.3. <i>Penentuan Overburden Gradient</i> .....              | 88             |
| 4.2.4. <i>Penentuan Normal Compaction Trend (NCT)</i> .....    | 90             |

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

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| 4.2.5. Penentuan <i>Pore Pressure</i> .....  | 91             |
| 4.2.6. Validasi Prediksi Tekanan Pori Terhadap Data <i>Drill Stem Test</i><br>(DST) .....                          | 95             |
| 4.2.7. Penentuan <i>Rock Mechanics</i> .....   | 97             |
| 4.2.8. Penentuan <i>Fracture Pressure</i> .....  | 99             |
| 4.2.9. Validasi Perhitungan <i>Fracture Pressure</i> .....   | 100            |
| 4.2.10. Penentuan <i>Minimum</i> dan <i>Maximum Horizontal Stress</i> ....   | 103            |
| 4.2.11. Penentuan <i>Shear Failure Gradient</i> (SFG) .....  | 106            |
| 4.3. Analisis Penggunaan <i>Mud Weight Actual</i> dan <i>Problem</i> yang Terjadi<br>pada Sumur SEN-001 .....      | 107            |
| 4.3.1. Evaluasi Penggunaan <i>Mud Weight</i> Pada Operasi Pemboran<br>Sumur SEN-001 .....                          | 108            |
| 4.4. Evaluasi Kestabilan Lubang Bor pada Sumur SEN-001<br>Berdasarkan Analisis Geomekanik.....                     | 109            |
| 4.5. Data Pengambilan Sampel <i>Cutting</i> Sumur SEN-001 .....  | 111            |
| 4.6. Analisis <i>Cutting</i> dengan Pendekatan Metode <i>X-Ray Diffraction</i><br>(XRD) .....                      | 113            |
| 4.6.1. Proses Analisis Sampel <i>Bulk Oriented</i> dengan Pendekatan<br>Metode <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)..... | 113            |
| 4.6.1.1. Hasil Uji XRD Metode <i>Bulk Oriented</i> .....   | 113            |
| 4.6.2. Analisis Sampel <i>Cutting</i> dengan XRD Metode <i>Clay</i><br><i>Oriented</i> .....                       | 123            |
| 4.6.2.1. Hasil Uji XRD Metode <i>Clay Oriented</i> .....   | 126            |
| 4.7. Analisis <i>Brittleness Index</i> (BI) .....  | 129            |
| 4.8. Analisis <i>Methylene Blue Test</i> (MBT) .....   | 135            |
| 4.9. Analisis Uji <i>Linear Swelling Meter</i> (LSM) .....   | 148            |

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

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| 4.10. Analisis Gabungan dari Pendekatan Geomekanik dan Mineralogi.....  | 150            |
| 4.11. Rekomendasi Lumpur yang Optimal Pada Sumur SEN-001 Untuk Menjaga Kestabilan Lubang Bor Melalui Pendekatan Geomekanik 1D dan Mineralogi..... | 151            |
| <b>BAB V PEMBAHASAN.....</b>  | <b>154</b>     |
| 5.1. Analisis Geomekanik 1D pada Sumur SEN-001.....   | 154            |
| 5.2. Analisis Mineralogi pada Sumur SEN-001 .....   | 156            |
| 5.3. Analisis Permasalahan Pemboran yang Terjadi Pada Sumur SEN-001 .....   | 157            |
| 5.4. Desain Lumpur dan <i>Mud Weight</i> yang Optimal Untuk Sumur SEN-001 .....   | 158            |
| <b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>  | <b>159</b>     |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>161</b>     |
| <b>LAMPIRAN</b>   |                |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar   | Halaman |
|--|---------|
| 1.1. <i>Flowchart</i> Evaluasi <i>Wellbore Stability</i> pada Sumur SEN-001 Lapangan Jamanis dengan Pendekatan Analisis Geomekanik 1D dan Mineralogi ..... | 6       |
| 2.1. Peta Lokasi Sumur SEN-001 .....   | 8       |
| 2.2. Peta Lokasi Cekungan Jawa Barat Utara.....  | 9       |
| 2.3. Pola Batuan Dasar Cekungan Jawa Barat Utara.....  | 11      |
| 2.4. Tektonik Regional Indonesia Bagian Barat .....  | 14      |
| 2.5. Penampang Regional Barat-Timur Cekungan Jawa Barat Utara .....  | 15      |
| 2.6. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat-Utara .....   | 16      |
| 3.1. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama dan Arah Rekahan.....  | 20      |
| 3.2. <i>Unaxial Strain</i> .....   | 22      |
| 3.3. Perhitungan <i>Poisson's Ratio</i> .....  | 23      |
| 3.4. <i>Young's Modulus</i> .....  | 25      |
| 3.5. Diagram Mohr-Coulomb <i>Criterion</i> .....   | 26      |
| 3.6. <i>Compressive Strength</i> .....   | 27      |
| 3.7. <i>Pressure Concepts</i> .....  | 35      |
| 3.8. Transisi Tekanan Normal ke <i>Overpressured</i> .....   | 38      |
| 3.9. Karakteristik Pengamatan <i>Wireline Log</i> pada <i>Loading Mechanism</i> .....  | 42      |
| 3.10. Karakteristik Pengamatan <i>Wireline Log</i> pada <i>Unloading Mechanism</i> .....   | 44      |
| 3.11. Kondisi Patahan dan Sifatnya .....   | 49      |
| 3.12. <i>Interval Transite Time vs Depth – Sonic Log</i> .....   | 56      |
| 3.13. <i>Shale Density vs Depth</i> .....  | 57      |
| 3.14. Efek Berat Lumpur pada Tekanan Lubang Bor.....   | 58      |
| 3.15. Struktur Mineral <i>Kaolinite</i> .....  | 61      |
| 3.16. Struktur Mineral <i>Montmorillonite</i> .....  | 62      |
| 3.17. Struktur Mineral <i>Illite</i> .....   | 63      |
| 3.18. Struktur Mineral <i>Attapulgate</i> .....  | 64      |
| 3.19. Struktur Mineral <i>Chlorite</i> .....   | 65      |

## DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

| <b>Gambar</b>   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| 3.20. <i>Sodium dan Calcium Bentonite dalam Air</i> .....   | 72             |
| 3.21. <i>Pemantulan Sinar-X Terhadap Dua Buah Bidang Permukaan Kristal</i> .....  | 74             |
| 4.1. <i>Well Trajectory</i> .....   | 83             |
| 4.2. <i>Input Data dalam Aplikasi Drillworks Predict Software</i> .....   | 85             |
| 4.3. <i>Hasil Input Data Log (Gamma Ray Log, Sonic Log, dan Density Log) pada Drillworks Predict Software</i> .....           | 86             |
| 4.4. <i>Hasil Evaluasi Shale Base Line pada Gamma Ray Log pada Drillworks Predict Software</i> .....                          | 87             |
| 4.5. <i>Overburden Gradient Metode Miller pada Drillworks Predict Software</i> ....   | 89             |
| 4.6. <i>NCT Pada Sonic Log pada Drillworks Predict Software</i> .....   | 91             |
| 4.7. <i>Prediksi Tekanan Pori Menggunakan Metode Eaton dan Bowers pada Drillworks Predict Software</i> .....                  | 93             |
| 4.8. <i>Validasi Tekanan Pori Metode Eaton dan Bowers Terhadap DST pada Drillworks Predict Software</i> .....                 | 96             |
| 4.9. <i>Hasil Fracture Gradient dengan Beberapa Metode pada Drillworks Predict Software</i> .....                             | 100            |
| 4.10. <i>Validasi Hasil Fracture Gradient Beberapa Metode Terhadap LOT pada Drillworks Predict Software</i> .....             | 101            |
| 4.11. <i>Hasil Perhitungan Shmin Metode PreExist dan Shmax Metode From ShG dan OBG pada Drillworks Predict Software</i> ..... | 104            |
| 4.12. <i>Shear Failure Gradient Metode Mohr-Coulomb pada Drillworks Predict Software</i> .....                                | 106            |
| 4.13. <i>Profil Geopressure pada Drillworks Predict Software</i> .....  | 107            |
| 4.14. <i>Problem Pemboran pada Plot Geopressure pada Drillworks Predict Software</i> .....                                    | 108            |

## DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

| <b>Gambar</b>   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| 4.15. Hasil Pembacaan Mineral Metode XRD Sampel <i>Cutting</i> Kedalaman 405 – 410 m .....  | 114            |
| 4.16. Hasil Uji XRD – <i>Bulk Oriented</i> .....  | 120            |
| 4.17. Hasil Uji XRD – <i>Bulk Oriented</i> (Lanjutan) .....   | 121            |
| 4.18. Grafik Analisa XRD Metode <i>Clay Oriented</i> Sebelum Glikol ( <i>Air Dry</i> ) dan Setelah Glikol ( <i>Ethylene Glycol</i> ) Kedalaman 405 – 410 m..... | 125            |
| 4.19. Hasil Uji XRD – <i>Clay Oriented</i> .....  | 128            |
| 4.20. <i>Brittleness Index</i> (BI) dan <i>Cation Exchange Capacity</i> (CEC).....  | 134            |
| 4.21. Grafik LSM Formasi Cisubuh.....   | 148            |
| 4.22. Grafik LSM Formasi Cibulakan Atas .....   | 149            |
| 4.23. Grafik LSM Formasi Cibulakan Bawah .....  | 149            |
| 4.24. Rekomendasi <i>Mud Weight</i> Optimum pada <i>Drillworks Predict Software</i> ...   | 152            |



## DAFTAR TABEL

| <b>Tabel</b>  | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| III-1. Daftar Densitas Matriks Batuan dan Fluida Formasi.....                                       | 31             |
| III-2. Asumsi Harga <i>Poisson's Ratio</i> pada Berbagai Lithologi .....                            | 47             |
| III-3. <i>Stress Regime</i> pada Berbagai Jenis Patahan .....                                       | 48             |
| III-4. Kondisi, Karakteristik, dan Perbaikan <i>Problem Shale</i> .....                             | 68             |
| III-5. Pendekatan Untuk Mendiagnosa <i>Problem Shale</i> .....                                      | 70             |
| III-6. Kapasitas Tukar Kation dari Beberapa Jenis Mineral <i>Clay</i> .....                         | 77             |
| III-7. Klasifikasi <i>Shale</i> Berdasarkan Uji MBT dan XRD .....                                   | 78             |
| III-8. Klasifikasi Sifat <i>Brittleness Index</i> .....   | 79             |
| III-9. Sifat <i>Tenacity</i> Mineral .....  | 80             |
| IV-1. <i>General Data</i> .....   | 81             |
| IV-2. Data Penggunaan <i>Bit</i> dan <i>Casing</i> .....  | 82             |
| IV-3. <i>Actual Mud Weight</i> .....  | 85             |
| IV-4. $V_{shale}$ Pada Tiap Kedalaman .....   | 88             |
| IV-5. Hasil Perhitungan Manual <i>Overburden Gradient</i> .....                                     | 90             |
| IV-6. Hasil Perhitungan <i>Pore Pressure</i> Menggunakan Metode Eaton .....                         | 94             |
| IV-7. <i>Pore Pressure</i> (PP) Bowers pada Tiap Kedalaman.....                                     | 95             |
| IV-8. Data <i>Drill Stem Test</i> (DST) .....   | 96             |
| IV-9. Validasi Prediksi Tekanan Pori Terhadap Data DST .....  | 97             |
| IV-10. Hasil Perhitungan <i>Rock Mechanics</i> .....  | 99             |
| IV-11. Data LOT Sumur SEN-001 dan Harga <i>Poisson's Ratio</i> Menggunakan<br>Beberapa Metode ..... | 101            |
| IV-12. Hasil Perhitungan Manual <i>Fracture Pressure</i> Metode Eaton Zoback &<br>Castagna.....     | 103            |
| IV-13. Hasil Perhitungan Manual <i>Minimum Horizontal Stress</i> ( $Sh_{min}$ ) .....               | 105            |
| IV-14. Hasil Perhitungan Manual <i>Maximum Horizontal Stress</i> ( $Sh_{max}$ ).....                | 105            |
| IV-15. <i>Problem</i> Pemboran Pada Sumur SEN-001 Berdasarkan Analisis<br>Geomekanik .....          | 109            |

## DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

| <b>Tabel</b>   | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| IV-16. Validasi Hasil Analisis <i>Problem</i> Pendekatan Geomekanik.....                   | 110            |
| IV-17. Daftar Sampel <i>Cutting</i> Sumur SEN-001 .....                                    | 112            |
| IV-18. Persen Mineral dari Metode <i>Bulk Oriented</i> Terhadap Sampel <i>Cutting</i> .... | 116            |
| IV-19. Hasil Analisis Sampel <i>Cutting</i> dengan Metode <i>Clay Oriented</i> .....       | 127            |
| IV-20. Hasil Analisis <i>Brittleness Index</i> .....                                       | 131            |
| IV-21. Hasil Uji MBT Sampel <i>Cutting</i> .....   | 137            |
| IV-22. Analisis Gabungan dari Pendekatan Geomekanik dan Mineralogi.....                    | 151            |
| IV-23. <i>Mud Weight Recommendation</i> .....  | 152            |

## DAFTAR LAMPIRAN

- A. Data yang dimasukkan pada *Drillworks Predict Software*
  - A.1. Data *Well Logging* (*Gamma Ray Log*, *Sonic Log*, dan *Density Log*)
  - A.2. Data *Rock Mechanics* (*Poisson's Ratio*, *Friction Angle*, dan *Cohesive Strength*)
  - A.3. Data *Drill Stem Test* (DST)
  - A.4. Data *Leak Off Test* (LOT)
- B. Hasil Perhitungan Tekanan Bawah Permukaan Sumur SEN-001 menggunakan Beberapa Metode
  - B.1. Perbandingan Hasil Perhitungan *Pore Pressure* antara Metode Eaton dan Bower's pada Sumur SEN-001
  - B.2. Perbandingan Hasil Perhitungan *Fracture Pressure* antara Metode Eaton dan Hubert pada Sumur SEN-001
  - B.3. Hasil Perhitungan *Minimum* dan *Maximum Horizontal Stress*
  - B.4. Hasil Perhitungan *Shear Failure Gradient*
- C. Prosedur Pengujian Sampel *Cutting* di Laboratorium