

**TESIS**

**ANALISIS *GEOPRESSURE* DAN EVALUASI *MUD WEIGHT*  
UNTUK PERENCANAAN *OFFSET WELLS* PADA SUMUR  
“TURANGGA-01” LAPANGAN “CETA” MENGGUNAKAN  
DATA LOG**



**Oleh :**

**Ade Indra Gurada Capah  
03042982325001**

**BKU PENGELOLAAN SUMBER DAYA BUMI  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN  
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

## **TESIS**

# **ANALISIS *GEOPRESSURE* DAN EVALUASI *MUD WEIGHT* UNTUK PERENCANAAN *OFFSET WELLS* PADA SUMUR “TURANGGA-01” LAPANGAN “CETA” MENGGUNAKAN DATA LOG**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Magister Teknik Pertambangan Pada Program Pascasarjana  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**Oleh :  
Ade Indra Gurada Capah  
03042982325001**

**Dosen Pembimbing :**

- 1. Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA**
- 2. Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D**

**BKU PENGELOLAAN SUMBER DAYA BUMI  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN  
PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

### ANALISIS *GEOPRESSURE* DAN EVALUASI *MUD WEIGHT* UNTUK PERENCANAAN *OFFSET WELLS* PADA SUMUR “TURANGGA-01” LAPANGAN “CETA” MENGGUNAKAN DATA LOG

#### TESIS

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Magister Teknik Pertambangan Pada Program Pascasarjana  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

ADE INDRA GURADA CAPAH

NIM. 03042982325001

Pembimbing I

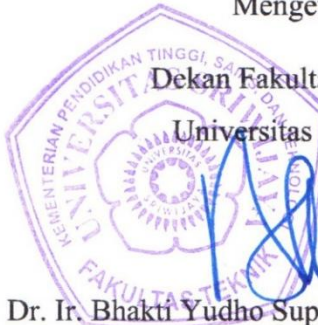
Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.  
NIP. 195811111985031007

Palembang, 25 Juni 2025  
Pembimbing II

  
Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197211121999031002

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

  
Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.  
NIP. 197502112003121002

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa tesis ini dengan judul "Analisis *Geopressure* Dan Evaluasi *Mud Weight* Untuk Perencanaan *Offset Wells* Pada Sumur "Turangga-01" Lapangan "Ceta" Menggunakan Data Log" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Tesis Fakultas Teknik, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada Tanggal 25 Juni 2025.

Palembang, 25 Juni 2025

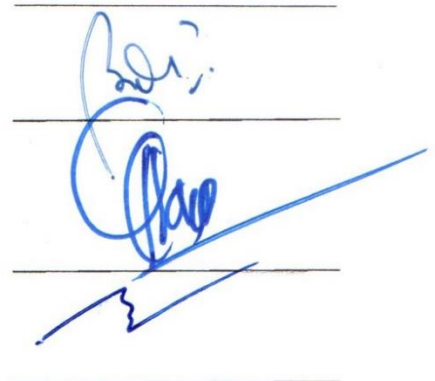
Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.  
NIDK. 197211121999031002

  
\_\_\_\_\_

Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA  
NIDK. 195811111985031007
2. Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDK. 197211121999031002
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS., CP., IPU.,  
ASEAN-Eng., APEC-Eng., ACPE  
NIDK. 196211221991021001
4. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.  
NIDK. 197211121999031002

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

  
Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, ST., MT., IPM  
NIP. 197502112003121002

Kordinator Jurusan Program Studi  
Magister Teknik Pertambangan

  
Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.  
NIP. 197211121999031002

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ade Indra Gurada Capah  
NIM : 03042982325001  
Judul : Analisis Geopressure Dan Evaluasi Mud Weight Untuk  
Perencanaan Offset Wells Pada Sumur "Turangga-01" Lapangan  
"Ceta" Menggunakan Data Log.

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi oleh tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari pihak manapun.



Palembang, 25 Juni 2025



Ade Indra Gurada Capah

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ade Indra Gurada Capah  
NIM : 03042982325001  
Judul : Analisis Geopressure Dan Evaluasi Mud Weight Untuk  
Perencanaan Offset Wells Pada Sumur “Turangga-01” Lapangan  
“Ceta” Menggunakan Data Log.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

**Palembang, 25 Juni 2025**



**Ade Indra Gurada Capah  
NIM. 03042982325001**

## KATA PENGANTAR

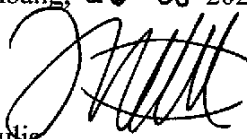
Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul judul ”Analisis *Geopressure* dan Evaluasi *Mud Weight* untuk Perencanaan *Offset Wells* Pada Sumur “Turangga-01” Lapangan “Ceta” Menggunakan Data Log.

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Teknik di Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Penulis banyak menerima bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si., Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, ST., MT., IPM, Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, MS., CP., IPU., ASEAN-Eng., APEC-Eng., ACPE, Ketua Jurusan Teknik Pertambangan dan Geologi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T., Koordinator Program Studi Magister Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA. sebagai Pembimbing Pertama.
6. Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Pembimbing Kedua.
7. Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S., CP., IPU., ASEAN-Eng., APEC-Eng., ACPE dan Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, M.S., M.T., sebagai Tim Penguji.
8. Kedua orang tua serta keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan doa.

Penulisan Tesis ini masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaan Tesis ini. Akhir kata penulis berharap semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Amin.

Palembang, 26 - 08 - 2025

  
Penulis.

## **RINGKASAN**

**BKU PENGELOLAAN SUMBER DAYA BUMI  
PRODI MAGISTER TEKNIK PERTAMBANGAN  
PASCASARJANA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Juni 2025

Ade Indra Gurada Capah; dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA. dan Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D

**ANALISIS GEOPRESSURE DAN EVALUASI MUD WEIGHT UNTUK  
PERENCANAAN *OFFSET WELLS* PADA SUMUR “TURANGGA-01”  
LAPANGAN “CETA” MENGGUNAKAN DATA LOG**

xvii + 99 halaman, 35 gambar, 16 tabel, 3 lampiran

### **RINGKASAN**

Permasalahan dalam proses pemboran sumur sering terjadi apabila *mud weight* yang digunakan tidak sesuai dengan model *geopressure* sumur tersebut. Ketidaksesuaian ini dapat menimbulkan berbagai masalah selama proses pemboran, seperti yang dialami pada sumur TRG-1. Pada beberapa titik kedalaman, penggunaan *mud weight* tidak optimal sesuai dengan tekanan pori dan tekanan rekah yang ada, sehingga mengakibatkan sejumlah permasalahan teknis. Dalam kasus sumur TRG-1, digunakan *mud weight* sebesar 9,4 ppg pada trayek 17 1/2” dan 12,3 ppg pada trayek 8 1/2”, yang ternyata tidak sesuai dengan model

*geopressure* dan memicu permasalahan dalam operasi pemboran. Pengolahan data wireline log dan *Drillwork Predict* Software digunakan dalam proses Analisa *geopressure*. Pemahaman yang mendalam tentang mekanisme pembentukan *overpressure* pada sumur TRG-1 sangat penting, karena hal ini mempengaruhi pemilihan metode yang tepat untuk menghitung tekanan pori. Setelah hasil perhitungan tekanan pori dan tekanan rekah diperoleh, data tersebut dikalibrasi dengan data tekanan aktual yang diambil dari lapangan untuk memastikan validitas analisis. Proses kalibrasi ini memastikan bahwa model yang digunakan mencerminkan kondisi aktual di lapangan. Selanjutnya, hasil perhitungan tekanan pori menggunakan metode Eaton yang dikalibrasikan dengan *Drill Stem Test Data* dari hasil analisa dan perhitungan tekanan rekah menggunakan metode Eaton yang dikalibrasikan dengan *Leak off Test* yang diambil dari beberapa titik di lapangan. Setelah analisis model *geopressure* dilakukan, *safe mud window* dapat ditentukan. Melalui analisis yang dilakukan, diperoleh *safe mud window*, yaitu rentang tekanan lumpur yang aman untuk digunakan selama pemboran, yang tidak akan merusak formasi ataupun menyebabkan hilangnya lumpur kedalam formasi. Berdasarkan hasil analisis *geopressure* sumur TRG-1, ditemukan bahwa terdapat masalah gumbo pada kedalaman 670 meter (2200 ft) dan *loss circulation* pada kedalaman 2040 meter (6700 ft). Masalah gumbo disebabkan oleh penggunaan *mud weight* yang terlalu rendah pada trayek 17 1/2", yang tidak mampu menahan tekanan pori yang ada. Sebaliknya, pada trayek 8 1/2", *mud weight* yang digunakan terlalu besar, menyebabkan hilangnya lumpur pemboran ke dalam formasi atau *loss circulation*. Berdasarkan *safe mud window* yang diperoleh dari analisis model *geopressure* sumur TRG-1, disarankan penggunaan *mud weight* pada satu lubang bor yang optimal sebesar 10,4 ppg untuk trayek 17 1/2" dan 11 ppg untuk trayek 8 1/2" dimana *mud weight* tersebut nilainya berada diatas tekanan pori dan dibawah tekanan rekah. Penggunaan *mud weight* yang sesuai dengan rekomendasi ini diharapkan dapat mengurangi risiko permasalahan selama pemboran, meningkatkan efisiensi operasional, serta menjamin keselamatan proses pemboran. Hasil analisis menunjukkan bahwa penentuan *mud weight* yang tepat melalui

analisis *geopressure* sangat penting untuk menghindari masalah teknis dan kerugian operasional yang mungkin terjadi.

Kata Kunci: *Geopressure, Mud Weight, Tekanan Pori, Tekanan Rekah, Safe Mud Window*

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA.  
NIP. 195811111985031007

Palembang, 25 Juni 2025

Pembimbing II

  
Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP.197211121999031002

Mengetahui,  
Koordinator Jurusan Program Studi  
Magister Teknik Pertambangan



Prof. Dr. Ir. H. Maulana Yusuf, MS., MT.  
NIP. 195909251988111001

## **SUMMARY**

**EARTH RESOURCE MANAGEMENT  
MINING ENGINEERING MASTER STUDY PROGRAM  
POSTGRADUATE FACULTY OF ENGINEERING  
SRIWIJAYA UNIVERSITY**

*Scientific papers in the form of a thesis, June 2025*

*Ade Indra Gurada Capah; supervised by Prof. Dr. Ir. H. Marwan Asof, DEA. And  
Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D*

**GEOPRESSURE ANALYSIS AND MUD WEIGHT EVALUATION FOR  
OFFSET WELLS PLANNING IN “TURANGGA-01” WELL IN “CETA” FIELD  
USING LOG DATA**

*xvii + 99 pages, 35 images, 16 tales, 3 appendix*

### **SUMMARY**

*Problems in the well drilling process often occur when the mud weight used does not match the well's geopressure model. This mismatch can cause various problems during the drilling process, such as that experienced in the TRG-1 well. At several depth points, the use of mud weight was not optimal according to the existing pore pressure and fracture pressure, resulting in a number of technical problems. In the case of the TRG-1 well, a mud weight of 9.4 ppg was used on the 17 1/2” route and 12.3 ppg on the 8 1/2” route, which turned out to be inconsistent with the geopressure model and triggered problems in drilling operations. Wireline log data processing and Drillwork Predict Software were used in the Geopressure Analysis process. A deep understanding of the overpressure formation mechanism in the TRG-1 well is crucial, as it influences the selection of the appropriate method for calculating pore pressure. After obtaining the results of the pore pressure and*

fracture pressure calculations, the data were calibrated with actual pressure data taken from the field to ensure the validity of the analysis. This calibration process ensures that the model used reflects actual conditions in the field. Furthermore, the results of the pore pressure calculation using the Eaton method calibrated with the Drill Stem Test Data from the results of the analysis and calculation of fracture pressure using the Eaton method calibrated with the Leak off Test taken from several points in the field. After the geopressure model analysis is carried out, the safe mud window can be determined. Through the analysis carried out, a safe mud window is obtained, namely, the range of mud pressure that is safe to use during drilling, which will not damage the formation or cause mud loss into the formation. Based on the results of the geopressure analysis of the TRG-1 well, it was found that there was a gumbo problem at a depth of 670 meters (2200 ft) and loss circulation at a depth of 2040 meters (6700 ft). The gumbo problem was caused by the use of mud weight that was too low on the 17 1/2" route, which was unable to withstand the existing pore pressure. Conversely, on the 8 1/2" route, the mud weight used was too large, causing the loss of drilling mud into the formation or loss circulation. Based on the safe mud window obtained from the analysis of the TRG-1 well geopressure model, it is recommended to use mud weight in one optimal drill hole of 10.4 ppg for the 17 1/2" route and 11 ppg for the 8 1/2" route where the mud weight value is above the pore pressure and below the fracture pressure. The use of mud weight in accordance with this recommendation is expected to reduce the risk of problems during drilling, increase operational efficiency, and ensure the safety of the drilling process. The results of the analysis show that determining the right mud weight through geopressure analysis is very important to avoid technical problems and operational losses that may occur.

**Keyword:** Geopressure, Mud Weight, Pore Pressure, Fracture Pressure, Safe Mud Window

## DAFTAR ISI

|                                                |          |
|------------------------------------------------|----------|
| HALAMAN JUDUL.....                             | i        |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                        | ii       |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                       | iii      |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....             | iv       |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ..... | v        |
| KATA PENGANTAR .....                           | vi       |
| RINGKASAN .....                                | viii     |
| <i>SUMMARY</i> .....                           | xi       |
| DAFTAR ISI .....                               | xiii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                            | xv       |
| DAFTAR TABEL.....                              | xvii     |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                  | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                       | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                      | 3        |
| 1.3 Maksud dan Tujuan.....                     | 4        |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....              | 4        |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                   | 5        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>            | <b>6</b> |
| 2.1 Pengukuran Kemampuan Formasi .....         | 6        |
| 2.2 Tekanan Bawah Permukaan.....               | 10       |
| 2.3 Sifat Mekanika Batuan.....                 | 24       |

|                                            |                                                                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4                                        | Aplikasi Mekanika Batuan Pada Proses Pemboran .....                                                                                                    | 27        |
| 2.5                                        | <i>Mud Window Concept</i> .....                                                                                                                        | 34        |
| 2.6                                        | Kemutakhiran ( <i>State of the Art</i> ).....                                                                                                          | 35        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b> |                                                                                                                                                        | <b>37</b> |
| 3.1                                        | Jenis Penelitian .....                                                                                                                                 | 37        |
| 3.2                                        | Lokasi dan Waktu Penelitian .....                                                                                                                      | 37        |
| 3.3                                        | Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                                          | 38        |
| 3.4                                        | Tahapan Pendahuluan .....                                                                                                                              | 41        |
| 3.5                                        | Tahapan Observasi Lapangan/Pengambilan Data.....                                                                                                       | 42        |
| 3.6                                        | Tahap Analisis dan Pengolahan Data.....                                                                                                                | 44        |
| 3.7                                        | Penyusunan Laporan .....                                                                                                                               | 47        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>   |                                                                                                                                                        | <b>48</b> |
| 4.1                                        | Mekanisme Tekanan Bawah Permukaan dalam Penentuan Jenis <i>Overpressure</i> pada Sumur Turangga-01 .....                                               | 48        |
| 4.2                                        | Menyusun Profil Tekanan Bawah Permukaan Berdasarkan Data <i>Wireline Log</i> pada Sumur Turangga-01 yang Akurat dari Berbagai Metode Perhitungan ..... | 59        |
| 4.3                                        | Perencanaan <i>Mud Weight</i> yang Optimal untuk Mengatasi <i>Problem</i> pada Program Pemboran Sumur Turangga-01 .....                                | 78        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>    |                                                                                                                                                        | <b>90</b> |
| 5.1                                        | Kesimpulan .....                                                                                                                                       | 90        |
| 5.2                                        | Saran.....                                                                                                                                             | 90        |
| <b>DAFTAR RUJUKAN.....</b>                 |                                                                                                                                                        | <b>92</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1. <i>Gamma Ray Log vs Depth</i> .....                                                   | 7  |
| Gambar 2.2. <i>Interval transit time vs Depth – Sonic Log</i> .....                               | 8  |
| Gambar 2.3. <i>Shale Density vs Depth</i> .....                                                   | 9  |
| Gambar 2.4. Hubungan Tekanan dan Gradien Hidrostatik.....                                         | 11 |
| Gambar 2.5. Karakterisrik Pengamatan <i>Wireline Log</i> pada <i>Loading Mechanism</i> ..         | 15 |
| Gambar 2.6. Karakterisrik Pengamatan <i>Wireline Log</i> pada <i>Unloading Mechanism</i><br>..... | 17 |
| Gambar 2.7. Skematik <i>Strain</i> .....                                                          | 24 |
| Gambar 2.8. Besar Ketiga <i>Stress</i> Utama dan Arah Rekahan .....                               | 25 |
| Gambar 2.9. Perhitungan <i>Poisson Ratio</i> .....                                                | 26 |
| Gambar 2.10. Kondisi Patahan dan Sifatnya .....                                                   | 29 |
| Gambar 2.11. Ilustrasi <i>Safe Mud Window</i> .....                                               | 35 |
| Gambar 2.12. Gambar <i>State Of The Art</i> .....                                                 | 36 |
| Gambar 3.1. Peta Lokasi Sumur Turangga - 01 .....                                                 | 38 |
| Gambar 3.2. Bagan Alir Penelitian .....                                                           | 41 |
| Gambar 3.3. Tampilan <i>Drillwork Predict Software</i> .....                                      | 45 |
| Gambar 4.1. Lubang Pemboran Sumur TRG-1 .....                                                     | 50 |
| Gambar 4.2. Pembuatan <i>Project</i> pada <i>Drillwork Predict Software</i> .....                 | 51 |
| Gambar 4.3. Pembuatan <i>Well</i> pada <i>Drillwork Predict Software</i> .....                    | 51 |
| Gambar 4.4. Input Data dan Pemilihan Data Log pada <i>Drillwork Predict Software</i><br>.....     | 52 |
| Gambar 4.5. Hasil Input Data Log .....                                                            | 52 |
| Gambar 4.6. Hasil Penarikan <i>Shale Cut Off</i> pada <i>Gamma Ray Log</i> .....                  | 53 |
| Gambar 4.7. Hasil Koreksi <i>Shale Cut Off</i> pada <i>Gamma Ray Log</i> .....                    | 54 |
| Gambar 4.8. Hasil MWA Filter pada Chart Sonic Log.....                                            | 55 |
| Gambar 4.9. Hasil Perhitungan <i>Overburden Gradient</i> pada <i>Drillwork Software</i> ..        | 56 |
| Gambar 4.10 <i>Normal Sonic Trend</i> pada <i>Sonic Log</i> .....                                 | 58 |
| Gambar 4.11. Analisis itt Aktual terhadap <i>Normal Compaction Trend</i> .....                    | 58 |
| Gambar 4.12. <i>Pore Pressure</i> dengan Eaton Metode dan Bowers Metode.....                      | 61 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.13. Plot Hasil Perhitungan <i>Pore Pressure Eaton Sonic</i> vs Kedalaman.                          | 63 |
| Gambar 4.14. Perbandingan Hasil Perhitungan <i>Fracture Pressure</i> dengan Berbagai Metode .....           | 68 |
| Gambar 4.15. Plot Hasil Perhitungan <i>Fracture Pressure</i> vs Kedalaman .....                             | 70 |
| Gambar 4.16. Plot Hasil Perhitungan <i>Shmin</i> dan <i>Shmax</i> vs Kedalaman .....                        | 74 |
| Gambar 4.17. Plot Hasil Perhitungan <i>Shear Failure Gradient</i> vs Kedalaman .....                        | 77 |
| Gambar 4.18. Plot Hasil Perhitungan <i>ESD</i> dan <i>ECD</i> Aktual vs Kedalaman.....                      | 84 |
| Gambar 4.19. Korelasi Profil <i>Geopressure</i> dengan Problem Pemboran yang Terjadi pada Sumur TRG-1 ..... | 86 |
| Gambar 4.20. Rekomendasi <i>Mud Weight</i> Pada TRG-01 .....                                                | 89 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1. Daftar Densitas Matriks Batuan dan Fluida Formasi.....                                                               | 12 |
| Tabel 2.2. Asumsi Harga <i>Poisson Ratio</i> pada Berbagai Litologi .....                                                       | 23 |
| Tabel 2.3. <i>Stress Regime</i> pada Berbagai Jenis Patahan .....                                                               | 28 |
| Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan .....                                                                                                | 38 |
| Tabel 4.1. Data Penggunaan <i>Bit</i> dan <i>Casing</i> .....                                                                   | 49 |
| Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Manual <i>Overburden Pressure</i> .....                                                            | 56 |
| Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Manual <i>Pore Pressure</i> Eaton Sonic .....                                                      | 63 |
| Tabel 4.4. Hasil <i>Poisson Ratio</i> Menggunakan Berbagai Metode.....                                                          | 67 |
| Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Manual <i>Fracture Pressue Fracture Gradient</i> Eaton<br>dengan <i>Poisson Ratio</i> Ludwig ..... | 69 |
| Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Manual <i>Minimum Horizontal Stress</i> Eaton.....                                                 | 71 |
| Tabel 4.7. Hasil Perhitungan <i>Manual Maximum Horizontal Stress</i> Metode<br>Anderson.....                                    | 73 |
| Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Manual <i>Shear Failure Gradient</i> Metode <i>Modified</i><br><i>Lade</i> .....                   | 76 |
| Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Tekanan Hidrostatik Lumpur Pemboran Sumur TRG-<br>1 .....                                          | 79 |
| Tabel 4.10. Tabulasi Perhitungan <i>Hydrodynamic Pressure &amp; ECD</i> .....                                                   | 83 |
| Tabel 4.11. Problem Pemboran Pada Sumur TRG-1 .....                                                                             | 85 |
| Tabel 4.12. Rekomendasi Mud Weight untuk Pemboran Sumur TRG-1 .....                                                             | 88 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Formasi bawah permukaan berada dalam kondisi *underbalance* sebelum pengeboran. Ketika sumur dibor dalam kondisi non-ekuilibrium, ketidakstabilan lubang bor akan terjadi. Lumpur pengeboran hanya dapat mendukung lubang bor sampai kedalaman tertentu, sehingga mengakibatkan masalah keseimbangan tekanan pada lubang bor. Jika tekanan melebihi nilai kekuatan batuan, maka dapat mengakibatkan kegagalan pemboran pada lubang sumur. Untuk mencegah kejadian ini, tekanan di dalam lubang sumur harus ditentukan sebelumnya. Ini terdiri dari tekanan pori yang akan mempengaruhi stabilitas pada lubang bor (Pašić et al., 2007)

Dalam operasi pengeboran di seluruh dunia, ketidakstabilan lubang bor adalah salah satunya masalah terbesar yang pernah dihadapi dan dapat disebut sebagai meningkatnya kerugian waktu (meningkatnya *non productive time*), dan yang dapat menyebabkan pemborosan dari tenaga kerja dalam jumlah besar dan dalam pengeboran minyak dan gas (Ashena, et al., 2020)

Zona *geopressure* dalam proses pemboran dapat memberikan beberapa potensi permasalahan dan ancaman terhadap keselamatan pemboran, serta penambahan biaya dalam mitigasi. Perencanaan pemboran yang tepat dan matang adalah kunci untuk mencegah adanya kenaikan biaya dan menaikkan keselamatan kerja dalam pemboran. (Ugwu & Nwankwo, 2014)

Seiring dengan kebutuhan dunia akan energi serta potensi permasalahan dan ancaman terhadap keselamatan pemboran yang meningkat, diperlukan perencanaan pemboran yang matang dan sesuai. Dengan beberapa penelitian terkait mengenai permasalahan lubang sumur pemboran, dapat ditemukan bahwa permasalahan tersebut masih menjadi masalah yang utama dalam proses pemboran industri minyak dan gas, sehingga diperlukan riset berkelanjutan guna menjadi acuan dalam kasus dengan kondisi yang hampir sama. “(He, Chen, Hayatdavoudi, Sawant, &

Lomas, *Effects of clay content, cement and mineral composition characteristics on sandstone rock strength and deformability behaviors*, 2019).”

Keseimbangan tekanan lumpur yang cukup dalam pengeboran yang aman sesuai dengan *safe drilling window* (nilai tekanan lumpur berada di atas tekanan pori dan di bawah tekanan rekahan) adalah tolak ukur yang diperlukan untuk menghasilkan lubang bor yang aman dan stabil hingga kedalaman targetnya. Merencanakan *overpressure* dan *shear failure pressure* membuat ahli geosains dan insinyur pengeboran untuk merencanakan kebijakan pengeboran (lumpur, *casing*, dan peralatan) dengan lebih baik dan menerapkan strategi penyelesaian yang paling sesuai. Oleh karena itu analisis tekanan pori dan stabilitas lubang bor telah menjadi bagian penting dari studi pra-pengeboran dan pasca-pengeboran untuk aplikasi dalam eksplorasi, pengembangan reservoir dan penutupan sumur.(Baouche et al., 2020)

Beberapa Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lubang bor dapat dikategorikan menjadi faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan dan dapat dikendalikan. Perlunya pemahaman dari estimasi pori yang lebih baik sebelum proses pengeboran. Untuk mengukur tekanan yang tidak biasa, pertama-tama perlu dipahami prinsip-prinsip tekanan pori dan keadaan di mana mereka menjadi tidak biasa. Dengan menggunakan sebuah metode transisi kecepatan efektif ke tekanan pori, tekanan pori dihitung dari kecepatan seismik dalam penelitian ini. ( Hottmann & Johnson, 1965)

Analisis tekanan pori dapat digunakan sebagai metode yang berguna dalam berbagai proses. Pada proses eksplorasi, analisis tekanan pori digunakan untuk deteksi keberadaan hidrokarbon dan konfigurasi jebakan. Pada proses pemboran, analisis tekanan pori digunakan untuk membantu pemahaman mekanisme dan pengaruh *overpressure* dalam proses akumulasi hidrokarbon. (Abe, 2021)

Menurut (Buntoro, et al., 2022) Perencanaan berat lumpur pemboraaan (*mud weight*) biasanya didasarkan pada *pressure window* untuk sumur tersebut. *Pressure window* merupakan *range* tekanan yang dibatasi oleh *pore pressure* dan *fracture pressure*. Dalam melakukan analisis *geopressure* untuk mendapatkan *safe mud window* pada sumur Turangga-01, digunakan untuk memprediksi tekanan bawah

permukaan berupa program simulasi dalam *Drillwork Predict Software*. Hasil simulasi menggunakan *Drillwork Predict Software*, Untuk menganalisis mekanisme tekanan berlebih dan menentukan gradien beban berlebih, tekanan pori, tekanan rekahan, tegangan horizontal minimum, tegangan horizontal maksimum, dan gradien kegagalan geser, mekanisme ini didukung oleh berbagai data pencatatan dari sumur, termasuk Log Sinar Gamma, Log Densitas, dan Log Sonik. Perencanaan sumur offset dapat memanfaatkan data ini.

Sumur rujukan adalah sumur yang digunakan sebagai acuan, dimana sumur tersebut menyediakan data yang digunakan dalam perencanaan pemboran sumur. Menurut (Junianto, Rosyidan, & Satyawira, 2017), sumur rujukan dapat digunakan untuk memperoleh permasalahan yang akan terjadi pada proses pemboran pada formasi yang sama. Sumur rujukan juga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan *properties* lumpur, Jenis lumpur yang akan digunakan dalam prosedur pengeboran serta beratnya. Untuk menjaga kestabilan lubang bor, kurang aman untuk merancang berat lumpur pengeboran sesuai dengan jendela tekanan.

Oleh karena itu, karakteristik mekanika batuan, seperti gradien kegagalan geser atau tekanan keruntuhan, harus ditambahkan untuk merencanakan berat lumpur yang akan digunakan. Penambahan parameter *shear failure gradient* bertujuan menghindari permasalahan yang berkaitan dengan kestabilan lubang pada *pressure window* yang ada, sehingga akan didapatkan *range safe mud window* pada sumur tersebut untuk operasi pemboran yang akan dilakukan berdasarkan analisis *geomechanics*. Studi geomekanik ini berguna untuk melakukan pendekatan dalam menghitung gradien tekanan formasi dan gradien rekah formasi yang pada akhirnya digunakan untuk mendesain densitas lumpur pemboran Untuk mencegah terjadinya berbagai masalah pemboran seperti *lost circulation*, *caving*, serta ketidakstabilan lubang bor (*wellbore instability*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang di angkat pada penelitian ini meliputi antara lain :

1. Bagaimana menentukan mekanisme tekanan bawah permukaan jenis *overpressure* pada Sumur Turangga-01?
2. Bagaimana cara menyusun profil tekanan bawah permukaan berdasarkan data wireline log pada sumur Turangga-01 yang akurat dari berbagai metode perhitungan?
3. Bagaimana cara membuat perencanaan *mudweight* yang optimal pada program pemboran sumur Turangga-01?

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maksud dan tujuan dari penelitian ini meliputi antara lain :

1. Membuat Analisis tekanan bawah permukaan yang akurat dengan memperhatikan *overpressure mechanism*
2. Menghitung tekanan bawah permukaan dengan data wireline log pada sumur Turangga-01
3. Menganalisis tekanan bawah permukaan dengan mengkorelasikan problem pemboran sehingga pemilihan metode perhitungan tekanan bawah permukaan dapat lebih tepat.
4. Berat lumpur sumur Turangga-01 dapat didesain ulang dengan menggunakan perencanaan berat lumpur berdasarkan teknik jendela lumpur aman.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam Ruang Lingkup yang menjadi pembahasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Menganalisis estimasi profil tekanan bawah permukaan (Analisis *geopressure*) sumur Turangga menggunakan data – data wireline log menggunakan Drillwork Predict Software.
2. Pertimbangan pemilihan lokasi penelitian yaitu Sumur Turangga yang berada di Blok Cepu adalah berdasarkan potensi produksi dan formasi yang ditembus. Dengan produktivitas Blok Cepu yang masih memberikan kontribusi pada produksi minyak nasional, diperlukan analisis *geopressure*

yang digunakan dalam perencanaan pemboran. Lokasi sumur yang berada pada Cekungan Jawa Timur, menembus beberapa formasi yang dapat memberikan permasalahan apabila tidak direncanakan dengan tepat.

3. Menghitung tekanan hidrostatik lumpur aktual yang digunakan pada pemboran sumur Turangga-01.
4. Mengkorelasikan penggunaan dan penyusunan ulang *mudweight* aktual berdasarkan *safe mud window* dengan *problem* pemboran yang terjadi untuk validasi profil *geopressure*

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukannya penelitian ini, didapatkan beberapa manfaat yang berguna secara praktis dan akademis.

### **1.5.1 Manfaat Praktis**

1. Hasil penelitian dapat memberikan rekomendasi dalam perencanaan pemboran selanjutnya, dengan formasi dan kondisi yang sama.
2. Hasil penelitian dapat membantu perusahaan dalam meningkatkan aksi mitigasi *problem* yang akan terjadi dalam proses pemboran.

### **1.5.2 Manfaat Akademis**

1. Hasil penelitian dapat memberikan pengetahuan mengenai penentuan *geopressure* menggunakan *Drillworks Predict Software* dan korelasi perhitungan menggunakan persamaan yang ada.
2. Penelitian mampu menjelaskan konsep dalam penentuan *geopressure* yang dapat berguna dalam perencanaan pemboran, sehingga dapat memudahkan pembaca dalam memahami konsep tersebut.

## DAFTAR RUJUKAN

- AadnØy, B., & Looyeh, R. (2011). *Petroleum Rock Mechanics*. Elsevier.
- Abe, J. S. (2021). Identification of Geo – Hazard Using Pore Pressure Analysis in ‘MAC’ Field, Niger Delta. *Adv Earth & Env Sci*.
- Andreas Junianto, C. R. (2017). PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN BERBAHAN DASAR AIR PADA SUMUR X LAPANGAN Y. *PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN BERBAHAN DASAR AIR PADA SUMUR X LAPANGAN Y*.
- Ashena, R., Elmgerbi, A., Rasouli, V., Ghalambor, A., Rabiell, M., & Bahrami, A. (2020). Severe wellbore instability in a complex lithology formation necessitating casing while drilling and continuous circulation system. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 10, 1511-1532.
- Baker Hughes INTEQ. (1996). *Formation Pressure Evaluation*. Baker Hughes INTEQ.
- Baouche, R., Sen, S., & Sadaoui, M. (2020). Characterization of pore pressure, fracture pressure, shear failure and its implications for drilling, wellbore stability and completion design – A case study from the Takouazet field, Illizi Basin, Algeria. *Marine and Petroleum Geology*.
- Black, W. M. (1956). A REVIEW of DRILL-STEM TESTING TECHNIQUES and ANALYSIS . *SPE*.
- Bowers, G. L. (1995). Pore Pressure Estimation From Velocity Data : Accounting for Overpressure Mechanisms Besides Undercompaction. *SPE Drilling & Completion*.
- Buntoro, A., Rahmad, B., Asmorowati, D., Lukmana, A., Fattah, E., & Anuraga, E. (2022). Overpressure mechanism prediction based on well log and

- mineralogy analysis from drill cuttings of well NSE-001 in the North Sumatra Basin area, Indonesia. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*.
- Caenn, R., Darley, H., & Gray, G. R. (2016). *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. Gulf Professional Publishing.
- Eaton, B. A. (1969). *Fracture Gradient Prediction and Its Application in Oilfield Operations*. SPE-AIME.
- Fjaer, E. (2008). *Petroleum Related Rock Mechanics*. Elsevier.
- Fu, Y. (2014). *Leak off test (LOT) Models*. The University of Texas at Austin.
- He, W., Chen, K., Hayatdavoudi, A., Sawant, K., & Lomas, M. (2019). Effects of clay content, cement and mineral composition characteristics on sandstone rock strength and deformability behaviors. *Journal of Petroleum Science and Engineering*.
- He, W., Chen, K., Hayatdavoudi, A., Sawant, K., & Lomas, M. (2019). Effects of clay content, cement and mineral composition characteristics on sandstone rock strength and deformability behaviors. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 962-969.
- Hubber, M. K., & Willis, D. G. (1957). *Mechanics of Hydraulic Fracturing*. SPE-AIME.
- Hubbert, M., & Willis, D. (1957). *Mechanics of Hydraulic Fracturing*. SPE-AIME.
- Junianto, A., Rosyidan, C., & Satyawira, B. (2017). PERENCANAAN LUMPUR PEMBORAN BERBAHAN DASAR AIR PADA SUMUR X LAPANGAN Y. *Jurnal Petro*.
- Katahara, K. (2006). Overpressure and Shale Properties: Stress Unloading or Smectite-illite Transformation?
- Lahann, R. (2002). Impact of Smectite Diagenesis on Compaction Modeling and Compaction Equilibrium. *Conoco Exploration Production Technology*.

- Lapeyrouse, N. J. (2002). *Formulas and Calculations for Drilling, Production, and Workover*. United States of America: Gulf Professional Publishing.
- Matthews, M. (2017). Pore Pressure Estimation - A Drillers Point of View and Application to Basin Models.
- Matthews, W., & Kelly, J. (1967). How to predict formation pressure and fracture gradient: The Oil and Gas Journal. 92-106.
- Miller, H. (1996). Wet bulk density of sediment core. *PANGAEA*.
- Ofwona, C. (2010). INTRODUCTION TO GEOPHYSICAL WELL LOGGING AND FLOW TESTING. *Geothermal Development Company*.
- Pasic, B., Gaurina-Medimurec, N., & Matanovic, D. (2007). Wellbore Instability: Cause and Consequences. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 19, 87-98.
- Rabia, H. (2001). *Well Engineering & Construction*.
- Swarbrick, M., & Osborn, J. (1997). Mechanisms for Generating Overpressure in Sedimentary Basins : A Reevaluation. *AAPG Bulletin*.
- Terzhagi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Wahyuni, W., & Hendrajaya, L. (2016). ANALISIS PARAMETER FISIKA TERHADAP PENGENDALIAN TEKANAN LUMPUR PENGEBORAN STUDI KASUS: PREVENSI KICK DAN BLOWOUT. *Universitas Negeri Jakarta*.
- Zoback, M. D. (2007). *Reservoir Geomechanics*. Cambridge University Press.