

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
INTISARI	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan Penulisan	4
I.3. Lokasi Penelitian	4
I.4. Peneliti Terdahulu	5
I.5. Keaslian Penelitian	8
BAB II KONDISI REGIONAL	
II.1 Geologi Regional Cekungan Jawa Barat Utara	9
II.1.1. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara	10
II.1.2. Struktur Cekungan Jawa Barat Utara	15
II.1.3. Sistem Minyak Bumi Cekungan Jawa Barat Utara	16
BAB III DASAR TEORI	
III.1. Prinsip Dasar Geomekanika pada Batuan	20
III.1.1. Konsep Tegangan dan Regangan	20
III.2. Tegangan Bawah Permukaan pada Lubang Bor	23
III.2.1. Tegangan Vertikal (S_v)	23
III.2.2. Tegangan Horisontal Minimum (S_{hmin})	24
III.2.3. Tekanan Pori (P_p)	25

III.2.4. Tegangan Horisontal Maksimum (S_{HMaks}).....	28
III.3. Penentuan Rekomendasi Berat Jenis Lumpur Pemboran dan Rentang Berat Jenis Lumpur Pemboran	29
III.4. Analisis Kondisi Tekanan Bawah Permukaan Abnormal	32
III.4.1. Analisis Kondisi Tekanan Bawah Permukaan Abnormal berdasarkan atas Gradien Tekanan Pori.....	32
III.4.2. Analisis Kondisi Tekanan Bawah Permukaan Abnormal berdasarkan atas Anomali pada Log Sonik, Densitas dan Resistivitas	33
III.4.3. Analisis Kondisi Tekanan Bawah Permukaan Abnormal berdasarkan atas Kondisi Kekuatan Batuan.....	36
III.5. Mekanisme Pembentukan Tekanan Bawah Permukaan Abnormal (<i>Overpressure</i>)	41
III.6. Analisis Struktur Geologi	51
III.6.1. Penentuan Arah Tegangan Horisontal Minimum dan Tegangan Horisontal Maksimum	52
III.7. Operasi Pemboran dan Masalah Pemboran	56
III.7.1. Operasi Pemboran	56
III.6.2. Masalah Pemboran (<i>Drilling Hazard</i>).....	61
III.8. Hipotesis Penelitian	63
BAB IV METODE PENELITIAN	
IV.1. Data Penelitian	65
IV.2. Alat Penelitian	69
IV.3. Tahapan Penelitian	71
IV.4. Diagram Alir Penelitian	78

IV.5. Jadwal Penelitian	78
-------------------------------	----

BAB V PEMAPARAN DATA

V.1. Penentuan Tegangan Vertikal (S_v), Tegangan Horisontal	
Minimum (S_{hmin}), Tegangan Horisontal Maksimum (S_{HMaks})	
dan Tekanan Pori (P_p)	81
V.1.1. Tegangan Vertikal (S_v)	81
V.1.2. Tekanan Pori (P_p)	82
V.1.3. Tegangan Horisontal Minimum (S_{hmin})	85
V.1.4. Tegangan Horisontal Maksimum (S_{HMaks})	85
V.1.5. <i>Pore Pressure Plot</i>	85
V.2. Penentuan Berat Jenis Lumpur Pemboran	87
V.3. Analisis Kondisi Tekanan Bawah Permukaan Abnormal	89
V.3.1. Analisis Gradien Tekanan Pori	89
V.3.2. Analisis Log Sonik, Densitas dan Resistivitas	99
V.3.3. Analisis Kekuatan Batuan	100
V.3.4. Mekanisme Pembentukan Kondisi Tekanan Abnormal	111
V.4. Analisis Struktur Geologi	114
V.4.1. <i>Picking</i> Struktur pada Penampang Seismik	115
V.4.2. Analisis Struktur berdasarkan atas konsep Pembentukan	
Sesar oleh Anderson (1905)	117
V.4.3. Analisis Arah Kompresi Pembentuk Struktur pada	
Daerah Penelitian	119

BAB VI ANALISIS DAN PEMBAHASAN

VI.1. Penentuan Rentang Berat Jenis Lumpur Pemboran	127
---	-----

V.1.1. Rangkuman Penentuan Rentang Berat Jenis Lumpur	
Pemboran.....	142
VI.2. Analisis Kondisi Tekanan Bawah Permukaan Abnormal pada	
Daerah Penelitian.....	143
VI.3. Penentuan Penempatan Kedalaman <i>Casing</i>	145
V.3.1. Rangkuman Penentuan Rentang Kedalaman Penempatan	
<i>Casing</i>	167
VI.4. Penentuan Arah Sumur Pemboran (<i>Wellbore Trajectory</i>).....	168
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
VII.1. Kesimpulan.....	171
VII.2. Saran	172
DAFTAR PUSTAKA	174
LAMPIRAN	
Lampiran 1. Tegangan Vertikal (S_v).....	179
Lampiran 2. <i>Normal Compaction Trend</i> (NCT)	187
Lampiran 3. <i>Pore pressure plot</i>	195
Lampiran 4. Gradien tekanan pori	202
Lampiran 5. Analisis tekanan bawah permukaan abnormal	211
Lampiran 6. Analisis kekuatan batuan.....	227
Lampiran 7. Mekanisme pembentukan <i>overpressure</i>	236
Lampiran 8. Analisis rekahan (<i>induced</i> dan <i>breakout</i>)	243

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Penelitian (koordinat batas daerah penelitian tidak diperlihatkan untuk menjaga kerahasiaan perusahaan).....	5
Gambar 2.1. Stratigrafi Cekungan Jawa Barat Utara (Noble, <i>et all</i> , 1997).....	15
Gambar 2.2. a) Sesar turun berarah Barat Laut-Tenggara pada daerah penelitian b) Perubahan sesar turun berarah Barat Laut- Tenggara menjadi sesar geser dekstral dan membentuk <i>pull apart basin</i> , serta pembentukan sesar normal Utara-Selatan (McClay, 1996).....	18
Gambar 3.1. Tensor tegangan (<i>Geomechanics International</i> , 2000)	21
Gambar 3.2. Ilustrasi <i>principal stresses</i> (<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	23
Gambar 3.3. Diagram saat dilakukannya <i>leak off test</i> (<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	25
Gambar 3.4. <i>Normal Compaction Trend</i> seiring dengan bertambahnya kedalaman (<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	26
Gambar 3.5. Analisis tekanan abnormal berdasarkan NCT (<i>Geomechanics International</i> , 2000).	27
Gambar 3.6. Ilustrasi dari tekanan pori pada batuan di bawah permukaan (<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	28
Gambar 3.7. Penentuan tekanan pori+tekanan sentakan dan <i>safety margin</i> untuk menentukan berat jenis lumpur pemboran (<i>Geomechanics International</i> , 2000).	30
Gambar 3.8. Penentuan rentang berat jenis lumpur pemboran	

(<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	31
Gambar 3.9. Log sonik dan tekanan bawah permukaan abnormal	
(<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	34
Gambar 3.10. Log resistivitas dan tekanan bawah permukaan abnormal	
(<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	35
Gambar 3.11. Log densitas dan tekanan bawah permukaan abnormal	
(<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	35
Gambar 3.12. Pengujian yang umumnya dilakukan pada	
tes mekanika batuan (Zoback,2010).....	37
Gambar 3.13. Mekanisme <i>loading</i> (Terzaghi, 1925).....	42
Gambar 3.14. Migrasi hidrokarbon dari batuan induk menuju batuan	
Reservoir (Qin, Qiming et al, 2015)	44
Gambar 3.15. <i>Capillary leakage</i> yang terjadi pada sedimen yang	
diendapkan pada kedalaman yang dangkal serta disebabkan	
pula oleh patahan (Berg, 1975)	44
Gambar 3.16. Mekanisme <i>unloading</i> (Terzaghi, 1925).....	51
Gambar 3.17. Konsep pemodelan <i>simple shear</i> oleh Harding (1976).....	52
Gambar 3.18. Konsep pembentukan sesar oleh Anderson (1905)	52
Gambar 3.19. Lubang bor dalam bentuk tida dan dua dimensi	
(<i>Geomechanics International</i> dalam Jeres Rorym	
Cherdasa, 2009)	54
Gambar 3.20. <i>Breakouts, induced</i> dan <i>natural fractures</i> (kontinu dan	
diskontinu)(<i>Geomechanics International</i> dalam Jeres Rorym	
Cherdasa, 2009)	54
Gambar 3.21. Analisis <i>induced fracture</i> dan <i>breakout</i> pada FMI	

(<i>Geomechanics International</i> dalam Jeres Rorym Cherdasa, 2009).....	56
Gambar 3.22. Ilustrasi tipe-tipe arah sumur pemboran (<i>wellbore trajectory</i>) (<i>uncoverenergy.com</i>)	58
Gambar 3.23. Tegangan-tegangan yang mempengaruhi sumur pemboran (<i>Geomechanics International</i> , 2000).....	58
Gambar 3.24. a) Penempatan <i>casing</i> pada kedalaman di bawah permukaan dengan menggunakan metode <i>bottom to top</i> , b) Penempatan <i>casing</i> pada kedalaman di bawah permukaan dengan menggunakan metode <i>top to bottom</i> , c) Jenis-jenis <i>casing</i> yang ditempatkan pada kedalaman tertentu dibawah permukaan (<i>uncoverenergy.com</i>).....	60
Gambar 4.1. Lokasi sumur-sumur Lapangan "MRFP" Cekungan Jawa Barat Utara (koordinat batas daerah penelitian tidak diperlihatkan untuk menjaga kerahasiaan perusahaan).....	59
Gambar 4.2. Diagram alir penelitian	80
Gambar 5.1. Tegangan vertikal (S_v) pada sumur MAI-048.	82
Gambar 5.2. Penentuan <i>shale baseline</i> , <i>Normal Compaction</i> <i>Trend</i> (NCT), tekanan pori, serta tekanan retakan pada sumur MAI-047.	83
Gambar 5.3. Anomali pada <i>Normal Compaction Trend</i> (NCT) pada beberapa formasi yang ditunjukkan oleh kotak hitam.....	84
Gambar 5.4. <i>Pore Pressure Plot</i> pada sumur MAI-047.	86
Gambar 5.5. Berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-047.	88
Gambar 5.6. Analisis jenis fluida (hidrokarbon) pada sumur MAI-047.	93

Gambar 5.7. Analisis jenis fluida (hidrokarbon) pada sumur MAI-048	95
Gambar 5.8. Pertambahan suhu seiring dengan bertambahnya kedalaman	96
Gambar 5.9. Analisis <i>SEM-Core</i> dan XRD pada sumur MAI-047.	97
Gambar 5.10. Analisis <i>SEM-Core</i> dan XRD pada sumur MAI-048..	97
Gambar 5.11. Analisis XRD pada sumur MAI-047, MAI-048, MAI-050 dan MAI-158... ..	98
Gambar 5.12. Analisis tekanan pada sumur MAI-047	101
Gambar 5.13. UCS vs <i>Travel Time</i> pada sumur MAI-047.....	103
Gambar 5.14. UCS , <i>friction angle</i> dan <i>tensile strength</i> pada sumur MAI-047.	104
Gambar 5.15. UCS , <i>friction angle</i> dan <i>tensile strength</i> pada interval kedalaman yang memiliki tekanan pori paling tinggi (<i>hard overpressure</i>)	105
Gambar 5.16. Modulus Young dan <i>bulk modulus</i> yang bersifat linier pada sumur MAI-047.	108
Gambar 5.17. Nilai modulus Young, <i>bulk modulus</i> , dan modulus geser pada sumur MAI-047.....	109
Gambar 5.18. Modulus Young, <i>bulk modulus</i> dan modulus geser pada interval kedalaman yang memiliki tekanan pori paling tinggi (<i>hard overpressure</i>).	110
Gambar 5.19. Mekanisme pembentukan <i>overpressure</i> pada sumur MAI-047.	112
Gambar 5.20. Mekanisme pembentukan <i>overpressure</i> pada sumur MAI-048.	112

Gambar 5.21. Mekanisme pembentukan <i>overpressure</i> pada	
sumur MAI-050.	113
Gambar 5.22. Pembentukan mineral lempung pada sumur MAI-050.....	113
Gambar 5.23. Pembentukan mineral lempung pada sumur MAI-064.....	113
Gambar 5.24. Pembentukan mineral lempung pada sumur MAI-078.....	114
Gambar 5.25. Penampang seismik barat – timur.....	116
Gambar 5.26. Penampang seismik barat laut – tenggara.....	116
Gambar 5.27. Penampang seismik barat daya – timur laut.	117
Gambar 5.28. Analisis pembentukan sesar berdasarkan konsep	
pembentukan sesar oleh Anderson pada sumur	
MAI-047 dan MAI-048.	118
Gambar 5.29. Analisis pembentukan sesar berdasarkan konsep	
pembentukan sesar oleh Anderson pada sumur MAI-050	
dan MAI-063.	118
Gambar 5.30. Analisis pembentukan sesar berdasarkan konsep	
pembentukan sesar oleh Anderson pada sumur MAI-064	
dan MAI-073.	119
Gambar 5.31. Analisis pembentukan sesar berdasarkan konsep	
Anderson pada sumur MAI-077 dan MAI-078..	119
Gambar 5.32. Analisis <i>induced fracture</i> pada sumur MAI-159.....	121
Gambar 5.33. Analisis <i>induced</i> dan <i>breakout</i> pada sumur MAI-159.....	122
Gambar 5.34. Arah S_{HMaks} dan S_{hmin} berdasarkan <i>breakout</i> pada	
sumur MAI-159	123
Gambar 5.35. Arah S_{HMaks} dan S_{hmin} berdasarkan <i>induced fracture</i>	
pada sumur MAI-159..	123

Gambar 5.36. Analisis <i>breakout</i> pada sumur MAI-120.	124
Gambar 5.37. Arah S_{HMaks} dan S_{hmin} berdasarkan <i>breakout</i> pada sumur MAI-210..	125
Gambar 6.1. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-047	128
Gambar 6.2. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-048	129
Gambar 6.3. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-050	130
Gambar 6.4. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-063	131
Gambar 6.5. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-064	132
Gambar 6.6. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-073	133
Gambar 6.7. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-077	134
Gambar 6.8. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-078	135
Gambar 6.9. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-080	136
Gambar 6.10. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-085 ...	137
Gambar 6.11. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-132 ...	138
Gambar 6.12. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-133 ...	139
Gambar 6.13. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-158 ...	140
Gambar 6.14. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-159 ...	141
Gambar 6.15. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-160 ...	142
Gambar 6.16. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-047.....	146
Gambar 6.17. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-048.....	148
Gambar 6.18. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-050.....	150
Gambar 6.19. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-063.....	151
Gambar 6.20. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-064.....	153
Gambar 6.21. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-073.....	154
Gambar 6.22. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-077.....	155

Gambar 6.23. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-078.....	157
Gambar 6.24. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-080.....	158
Gambar 6.25. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-085.....	159
Gambar 6.26. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-132.....	161
Gambar 6.27. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-133.....	162
Gambar 6.28. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-158.....	164
Gambar 6.29. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-159.....	165
Gambar 6.30. Kedalaman penempatan <i>casing</i> pada sumur MAI-160.....	166
Gambar 6.31. Prediksi <i>wellbore trajectory</i> secara <i>vertical drilling</i>	169
Gambar 6.32. Prediksi <i>wellbore trajectory</i> secara <i>horizontal drilling</i>	169
Gambar 6.33. Prediksi <i>wellbore trajectory</i> secara <i>directional drilling</i>	169

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Klasifikasi kekuatan batuan (Marinos dan Hoek, 2001)	38
Tabel 4.1. Datum pengeboran pada sumur – sumur daerah penelitian	66
Tabel 4.2. Data seismik sumur – sumur pada daerah penelitian	66
Tabel 4.3. Data <i>top marker</i> sumur-sumur pada daerah penelitian	67
Tabel 4.4. Data log sumur – sumur pada daerah penelitian	67
Tabel 4.5. Data <i>core</i> sumur – sumur pada daerah penelitian	68
Tabel 4.6. Data <i>mudlog</i> pada daerah penelitian	68
Tabel 4.7. Data FMI pada daerah penelitian	68
Tabel 4.8. Data tekanan retakan pada daerah penelitian	69
Tabel 4.9. Perangkat keras yang digunakan selama penelitian	69
Tabel 4.10. Perangkat lunak yang digunakan selama penelitian	70
Tabel 4.11. Jadwal penelitian.	79
Tabel 5.1. Berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-047	87
Tabel 5.2. Gradien tekanan pori pada sumur MAI-047	89
Tabel 5.3. <i>Strike</i> dan <i>dip</i> rekahan <i>induced</i> dan <i>breakout</i> sumur MAI-159	122
Tabel 5.4. <i>Strike</i> dan <i>dip</i> rekahan <i>induced</i> dan <i>breakout</i> sumur MAI-120	125
Tabel 6.1. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-047	127
Tabel 6.2. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-048	128
Tabel 6.3. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-050	129
Tabel 6.4. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-063	130
Tabel 6.5. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-064	131

Tabel 6.6. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-073	132
Tabel 6.7. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-077	133
Tabel 6.8. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-078	134
Tabel 6.9. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-080	135
Tabel 6.10. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-085	136
Tabel 6.11. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-132	137
Tabel 6.12. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-133	138
Tabel 6.13. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-158	139
Tabel 6.14. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-159	140
Tabel 6.15. Rentang berat jenis lumpur pemboran pada sumur MAI-160	141
Tabel 6.16. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-047	146
Tabel 6.17. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-048	148
Tabel 6.18. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-050	149
Tabel 6.19. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-063	152
Tabel 6.20. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-064	152
Tabel 6.21. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-073	153
Tabel 6.22. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-077	155
Tabel 6.23. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-078	156
Tabel 6.24. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-080	157
Tabel 6.25. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-083	159
Tabel 6.26. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-132	160

Tabel 6.27. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-133	161
Tabel 6.28. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-158	163
Tabel 6.29. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-159	164
Tabel 6.30. Kedalaman penempatan <i>casing</i> sumur MAI-160	165