UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xviii
DAFTAR SINGKATAN xix
SARI xx
BAB I PENDAHULUAN 1
I.1. Latar Belakang Penelitian 1
I.2. Rumusan Masalah 2
I.3. Tujuan Penelitian 3
I.4. Manfaat Penelitian 3
I.5. Lokasi Penelitian 3
I.6. Batasan Penelitian 5
I.7. Peneliti Terdahulu 6
I.8. Keaslian Penelitian 9
BAB II GEOLOGI REGIONAL 10
II.1. Fisiografi regional 10
II.2. Struktur geologi regional 11
II.3. Stratigrafi regional 13
BAB III DASAR TEORI DAN HIPOTESIS 17
III.1. Tegangan Bawah Permukaan 17
III.1.1. Terminologi tegangan bawah permukaan 17
III.1.2. Jenis-jenis tegangan bawah permukaan 18

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

III.1.3. Faktor-faktor yang mempengaruhi tegangan bawah permukaan 21

III.1.4. Analisis tegangan bawah permukaan 23

III.2. *Overpressure* 27

III.2.1. Tekanan pori dan tegangan efektif 27

III.2.2. Kompaksi 29

III.2.3. Prediksi zona *overpressure* 31

III.2.4. Mekanisme *overpressure* 39

III.3. Kestabilan Sumur Pemboran 46

III.3.1. Terminologi 46

III.3.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan sumur pemboran 48

III.3.3. Masalah-masalah pemboran 54

III.3.4. Tekanan bawah lubang bor (*bottom-hole pressure*) 56

III.4. Rekomendasi Kestabilan Sumur Pemboran 58

III.4.1. Rekomendasi dari analisis tegangan bawah permukaan 58

III.4.2. Rekomendasi dari analisis *overpressure* 60

III.5. Hipotesis Penelitian 62

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 63

IV.1. Lokasi Sumur 63

IV.2. Alat dan Bahan 63

IV.2.1. Alat 63

IV.2.2. Bahan 64

IV.3. Tahapan dan Metode Penelitian 65

IV.3.1. Tahap pendahuluan 65

IV.3.2. Tahap pengumpulan data 66

IV.3.3. Tahap analisis data 66

IV.3.4. Tahap akhir dan pelaporan 78

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

IV.5. Jadwal Penelitian 80
BAB V PENYAJIAN DATA 81
V.1. Tegangan *Overburden* 81
V.2. Tekanan Hidrostatik 93
V.3. Data untuk Analisis *Overpressure* 95
V.3.1. Tekanan pori (P_p) dan *fracture pressure* 95
V.3.2. Data analisis XRD dan SEM sumur SA-15 112
V.3.3. Data masalah pemboran 115
V.4. Properti Formasi 116
V.4.1. Modulus Young, modulus Shear, dan rasio Poisson 116
V.4.2. UCS dan Ts 117
V.5. Data pemboran 17 sumur 120
V.5.1. Data berat lumpur pemboran 120
V.5.2. Data diameter *casing* dan kedalaman *casing-shoe* 120
BAB VI ANALISIS DAN PEMBAHASAN 122
VI.1. Analisis Tegangan Bawah Permukaan 122
VI.1.1. Nilai S_v, Sh_{min}, Sh_{max} 122
VI.1.2. Arah S_v, Sh_{min}, Sh_{max} 137
VI.2. Analisis *Overpressure* 139
VI.2.1. Zona *overpressure* 139
VI.2.2. Mekanisme *overpressure* 160
VI.3. Elastisitas Batuan 186
VI.3.1. Korelasi Rasio Poisson, modulus Young, modulus *Shear* .. 186
VI.3.2. Korelasi nilai UCS dan Ts 188
VI.4. Rekomendasi keamanan arah pemboran 189
VI.5. Rekomendasi berat jenis lumpur pemboran dan desain *casing* 191
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 196

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

VII.1. Kesimpulan 196

IV.2. Saran 198

DAFTAR PUSTAKA 199

LAMPIRAN 204

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Peta indeks daerah penelitian 4

Gambar 2. 1. Struktur Regional Cekungan Jawa Barat Utara (modifikasi dari Noble, 1997).....10

Gambar 2. 2. Perubahan dari sesar normal menjadi *dextral strike-slip* pada Sesar OO – Sesar Brebes (Mc Clay, 1996 dalam Ryacudu dan Bachtiar, 2000) 12

Gambar 2. 3. (a) Peta struktur dan (b) Penampang geologi regional daerah onshore pada Cekungan Jawa Barat Utara. Kotak berwarna hitam merupakan daerah penelitian (Reminton dkk., 1985 ; Suyono dkk., 2005) 13

Gambar 2.4. Stratigrafi Regional Cekungan Jawa Barat Utara dari beberapa peneliti (Arpandi dkk. (1975); Reminton dkk. (1986); Sukamto dkk. (1995); Napitupulu dkk. (1970)). Penggambaran Stratigrafi Regional oleh Reminton dkk. (1985) lebih mendekati untuk daerah penelitian 14

Gambar 3. 1. Distribusi tegangan pada sumur vertikal (Backers, 2013). Sh: tegangan horizontal minimum, SH: tegangan horizontal maksimum, SV: tegangan vertikal, Sr: tegangan radial, SΘ: tegangan tangensial, Pm: tekanan lumpur, Pp: tekanan pori 17

Gambar 3.2. *Breakout* diinterpretasi dari log FMI (*Formation Micro Imager*) (Bell, 1996) 19

Gambar 3.3. DITF diamati dengan log FMI (*Formation Micro Imager*) (Aadnoy dan Bell, 1998).....20

Gambar 3. 4. Klasifikasi skema Anderson (1951) untuk besar tegangan relatif. *P: compressional, B:intermediate, T: extensional*.....22

Gambar 3. 5. (a) Data log densitas, (b) Besar tegangan *overburden*, (c) gradien tegangan *overburden* (Zoback, 2007) 23

Gambar 3.6. Ketidakmenerusan horizon suatu perlapisan batuan penampang seismik yang mengindikasikan adanya sesar (Roberts, 2010).....27

Gambar 3. 7. Tekanan pori merupakan potensial hidraulik pada permukaan bumi. Secara konsep, batas atas tekanan pori adalah tegangan overbuden, S_V (Zoback, 2007).....28

Gambar 3. 8. Prediksi zona *overpressure* dengan melihat pola NCTnya a) plot tekanan *versus* kedalaman, b) plot porositas *versus* kedalaman (Burrus, 1998) 30

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.9. Respon log *gamma ray* (Rider, 2002) 32

Gambar 3.10. Respon log densitas yang berbeda-beda, log densitas merekam *bulk density* batuan (Rider, 2002) 33

Gambar 3. 11. Tren log *velocity* yang mengindikasikan *overpressure*; a) *overpressure* akibat pembebanan, log sonik menjadi stagnan terhadap kedalaman; b) *overpressure* akibat non-pembebanan, terjadi pembalikan/*reversal* (Bowers, 1995) 35

Gambar 3. 12. Ilustrasi metode klasik Eaton (1975) oleh Ramdhan (2010).....37

Gambar 3. 13. Mekanisme *unloading* yang disebabkan oleh transfer beban dari butiran (warna merah) ke fluida pori (warna biru). Contoh: mekanisme transfer *loading* kerogen menjadi minyak dan gas) (Swarbrick, et al. 2002) 42

Gambar 3. 14. Tingkat kematangan kerogen berdasarkan perubahan suhu terhadap pertambahan kedalaman, persentase vitrinite reflectane (Ro%) (kiri), dan presentase illite yang bertambah terhadap pertambahan suhu, B: Boron, Li: Lithium (kanan) (Tissot dan Welte, 1984) 42

Gambar 3. 15. Ilustrasi efek sentroid (dari Finkbeiner, Zoback et al., 2001). Gambar 3. 15. Ilustrasi efek sentroid (dari Finkbeiner, Zoback et al., 2001). Pp^{SS}: tekanan pori sand (reservoir), Pp^{Sh}: tekanan pori batuserpih. 43

Gambar 3. 16. Diagenesis pada *shale* dan efeknya terhadap log densitas dan log sonik di Gulf Coast. a) konversi *smectite* menjadi *illite* pada salah satu sumur di Gulf Coast (Freed, 1982), b) Respon densitas (gr/cc) *shale* ketika diplot dengan *transit time* (us/ft) 45

Gambar 3. 17. *Crossplot* sonik-denitas di *overpressured shale* di Gulf of Mexico (Katahara, 2006). Porositas neutron – porositas densitas ditunjukkan oleh titik berwarna. Garis titik-titik adalah eodiagenetik, garis putus-putus adalah telodiagenetik (Dutta,2000) 46

Gambar 3. 18. (a) Skema perkembangan *breakout* pada initial breakout < 60° dan (b) ketika *initial breakout* cukup besar yaitu ~ 120° (Zoback, 2007) 47

Gambar 3. 19. Korelasi UCS dengan *p-wave sonic travel time* dari log *wireline* (Hareland dan Nygaard,2007).....51

Gambar 3. 20. Berbagai permasalahan dalam pemboran (Backers, 2013) 55

Gambar 3. 21. Ilustrasi tekanan *swab* dan *surge* (Watson, 2015).....57

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3. 22. Kecenderungan munculnya inisiasi *breakout* pada regim (a) sesar normal, (b) sesar geser, (c) sesar naik oleh Peska dan Zoback (1995) 59

Gambar 3. 23. Ilustrasi metode *bottom-up* oleh Ramdhan (2016).....61

Gambar 4.1. Penentuan *vshale gamma ray* dengan log *gamma ray* (kiri: log *gamma ray*, kanan: *vshale gamma ray*) 69

Gambar 4.2. Diskriminasi nilai *vshale gamma ray* yang digunakan untuk analisis *overpressure*.....70

Gambar 4. 3. Diagram alir penelitian.....79

Gambar 5. 1. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-01.....82

Gambar 5. 2. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-02.....82

Gambar 5. 3. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-03.....83

Gambar 5. 4. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-04.....84

Gambar 5. 5. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-05.....84

Gambar 5. 6. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-06.....85

Gambar 5. 7. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-07.....85

Gambar 5. 8. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-08.....86

Gambar 5. 9. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-09.....87

Gambar 5. 10. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-10.....87

Gambar 5. 11. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-11.....88

Gambar 5. 12. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-13.....88

Gambar 5. 13. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-14.....89

Gambar 5. 14. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-15.....90

Gambar 5. 15. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-16.....90

Gambar 5. 16. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-17.....91

Gambar 5. 17. Hasil analisis gradien dan tegangan *overburden* Sumur SA-18.....91

Gambar 5. 18. Besar tegangan *overburden* atau S_v (MPa) dalam 2D.....93

Gambar 5. 19. Grafik tekanan hidrostatik (psi) terhadap kedalaman (ft). Tekanan bertambah sebesar 0.433 psi setiap 1 ft.....94

Gambar 5. 20. Besar tekanan hidrostatik (kPa) dalam 2D.....94

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5. 21. Tekanan pori (garis tegas warna merah) diikat dengan data MDT (titik warna ungu) dalam 1D. Nilai MDT sesuai dengan nilai P_p.....97

Gambar 5. 22. Tekanan pori (garis tegas warna merah) diikat dengan data MDT (titik warna ungu) dalam 1D. Nilai MDT < nilai P_p.....97

Gambar 5. 23. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-01.....99

Gambar 5. 24. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-02.....99

Gambar 5. 25. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-03.....100

Gambar 5. 26. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-04.....101

Gambar 5. 27. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-05.....102

Gambar 5. 28. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-06.....103

Gambar 5. 29. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-07.....103

Gambar 5. 30. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-08.....104

Gambar 5. 31. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-09.....105

Gambar 5. 32. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-10.....106

Gambar 5. 33. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-11.....107

Gambar 5. 34. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-13.....107

Gambar 5. 35. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-14.....108

Gambar 5. 36. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-15.....109

Gambar 5. 37. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-16.....110

Gambar 5. 38. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-17.....111

Gambar 5. 39. Hasil analisis tekanan pori dan *fracture pressure* Sumur SA-18.....112

Gambar 5. 40. Besar tekanan pori (Pp) (MPa) dalam 2D.....112

Gambar 5. 41. Analisis SEM pada *core* Sumur SA-15, kotak biru merupakan mineral *illite*, a) *Plate* E.01C 2413.3m, b) *Plate* E.02 2414m, c) *Plate* E.02E 2414m, d) *Plate* E.03B 2415m, e) *Plate* E.03F 2415m, f) *Plate* E.04D 2416m, g) *Plate* E.04E, 2416m, h) *Plate* E.05C 2416.9m, i) *Plate* E.06 2418.6m, j) *Plate* E.06C 2418.6m, k) *Plate* E.07A 2419.6m, l) *Plate* E.07E 2419.6m, m) *Plate* E.08B 2420.4m *(oleh: Research and Development Centre for Oil and Gas Technology, LEMIGAS, Service Division for Exploration Technology, 2014)*.....114

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5. 42. Data UCS dan Ts Sumur SA-01 sampai SA-18, UCS (garis warna oranye) dalam psi, Ts (garis warna biru) dalam psi 119

Gambar 5. 43. Rekaman data berat lumpur pemboran (ppg) Sumur SA-01 sampai SA-18, garis hitam putus-putus merupakan tren dari berat lumpur pemboran 17 sumur.....121

Gambar 6. 1. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-01...123

Gambar 6. 2. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-02...124

Gambar 6. 3. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-03...125

Gambar 6. 4. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-04...125

Gambar 6. 5. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-05...126

Gambar 6. 6. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-06...127

Gambar 6. 7. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-07...128

Gambar 6. 8. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-08...129

Gambar 6. 9. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-09...129

Gambar 6. 10. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-10 130

Gambar 6. 11. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-11 131

Gambar 6. 12. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-13 132

Gambar 6. 13. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-14 133

Gambar 6. 14. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-15 133

Gambar 6. 15. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-16 134

Gambar 6. 16. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-17 135

Gambar 6. 17. Nilai P_{hid}, P_p, Sh_{min}, S_v, Sh_{max} (psi) *vs* kedalaman (ft) Sumur SA-18 136

Gambar 6. 18. Interpretasi sesar pada penampang seismik (*traverse*) pada Lapangan 'SA', *picking* dilakukan pada *top* Baturaja.....138

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 19. Peta struktur Lapangan ‘SA’ dari hasil interpretasi sesar-sesar di penampang seismik (*picking* pada top Baturaja), terlihat bahwa orientasi sesar (warna cokelat) berupa sesar-sesar normal yang memiliki arah utara-selatan 139

Gambar 6. 20. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-01 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....141

Gambar 6. 21. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-02 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....142

Gambar 6. 22. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-03 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....143

Gambar 6. 23. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-04 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....144

Gambar 6. 24. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-05 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....145

Gambar 6. 25. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-06 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....146

Gambar 6. 26. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-07 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....147

Gambar 6. 27. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-08 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....148

Gambar 6. 28. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-09 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....149

Gambar 6. 29. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-10 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....150

Gambar 6. 30. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-11 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....151

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 31. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-13 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....152

Gambar 6. 32. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-14 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....153

Gambar 6. 33. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-15 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....154

Gambar 6. 34. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-16 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....155

Gambar 6. 35. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-17 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....156

Gambar 6. 36. Penentuan *top overpressure* pada Sumur SA-18 berdasarkan data (dari kiri ke kanan) tekanan, sonik, dan densitas terhadap kedalaman.....157

Gambar 6. 37. Korelasi *top overpressure* dan zona overpressure Sumur SA-10, SA-11, SA-15, SA-03. Kiri ke kanan: log *gamma ray* (garis hitam), log densitas (garis biru), log sonik (garis merah), tekanan pori (garis ungu) 159

Gambar 6. 38. Peta kedalaman *top overpressure* di*overlay* dengan besar tekanan pori (kPa).....160

Gambar 6. 39. Perubahan nilai tegangan efektif pada Sumur SA-09 162

Gambar 6. 40. Perubahan nilai tegangan efektif pada Sumur SA-14 162

Gambar 6. 41. Perubahan nilai tegangan efektif pada Sumur SA-15 163

Gambar 6. 42. Perubahan nilai tegangan efektif pada Sumur SA-18 164

Gambar 6. 43. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-01.....165

Gambar 6. 44. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-02.....166

Gambar 6. 45. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-03.....167

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 46. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-04 168

Gambar 6. 47. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) Sumur SA-05 168

Gambar 6. 48. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-06 169

Gambar 6. 49. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-07 170

Gambar 6. 50. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-08 171

Gambar 6. 51. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-09 172

Gambar 6. 52. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-10 173

Gambar 6. 53. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-11 174

Gambar 6. 54. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-13 175

Gambar 6. 55. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-14 176

Gambar 6. 56. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-15 177

Gambar 6. 57. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-16 178

Gambar 6. 58. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-17 179

Gambar 6. 59. *Crossplot* log sonik (us/ft) dengan log densitas (gr/cc) pada Sumur SA-18 180

Gambar 6. 60. Presentase mineral *illite* pada analisis XRD Sumur SA-15 181

Gambar 6. 61. Data plot perubahan suhu terhadap kedalaman berdasarkan data gradien suhu sebesar 0.042°C/m 183

Gambar 6. 62. Data *mudlog* yang menunjukkan adanya *oil show* yang *fair* (kotak warna merah) pada interval kedalaman *overpressure* pada Sumur (kiri ke kanan): SA-08, SA-09, SA-10, SA-11, SA-13, SA-14, SA-15, SA-18 185

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 6. 63. Korelasi rasio Poisson (garis hijau), modulus Young (garis biru), dan modulus Bulk (garis merah) pada kedalaman *overpressure* Sumur SA-10, SA-11, SA-15, SA-03.....188

Gambar 6. 64. Korelasi nilai UCS (garis oranye) dan T_s (garis biru) dalam MPa pada Sumur SA-10, SA-11. SA-15, SA-03 189

Gambar 6.65. Rekomendasi keamanan arah pemboran sumur rencana di Lapangan 'SA', Cekungan Jawa Barat Utara. Pemboran searah Sh_{max} adalah paling stabil. 191

Gambar 6. 66. Prediksi berat lumpur pemboran (ppg) dari analisis *overpressure* Sumur SA-01 sampai Sumur SA-18, garis hitam putus-putus merupakan rekomendasi berat lumpur pemboran untuk sumur rencana.....192

Gambar 6. 67. Rekomendasi berat lumpur pemboran (garis cokelat) dan desain *casing* (abu-abu), *safe mud window* (warna kuning) pada sumur-sumur rencana di Lapangan 'SA', Cekungan Jawa Barat Utara 195

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Besar tegangan relatif dan regim sesar 22

Tabel 3. 2. Konstanta beberapa litologi untuk menentukan nilai UCS korelasi dengan log sonik (Onyia, 1988 dan Hareland dan Nygaard, 2007) 51

Tabel 4. 1. Daftar alat dan kegunaannya.....63

Tabel 4. 2. Daftar data sekunder dan kegunaannya 64

Tabel 4. 3. Kelengkapan data penelitian 65

Tabel 4. 4. Jadwal penelitian.....80

Tabel 5. 1. Gradien *overburden* setiap sumur 92

Tabel 5. 2. Data MDT (*Modular Dynamic formation Tester*) 96

Tabel 5. 3. Hasil analisis XRD mineral lempung Sumur SA-15 *(oleh: Research and Development Centre for Oil and Gas Technology, LEMIGAS, Service Division for Exploration Technology, 2014)*.....113

Tabel 5. 4. Data masalah pemboran yang pernah terjadi pada 17 sumur.....115

Tabel 5. 5. Data rasio Poisson (v), modulus Young (E), dan modulus *Shear* (Gs) setiap formasi pada 17 sumur.....118

Tabel 5. 6. Rekaman data kedalaman *casing-shoe* dan diameter *casing* Sumur SA-01 sampai SA-18 121

Tabel 6.1. Nilai rata-rata S_v, Sh_{min}, dan Sh_{max} (dalam psi) 17 sumur di Lapangan 'SA' 137

Tabel 6. 2. *Top overpressure* 17 sumur di Lapangan 'SA' 158

Tabel 6. 3. Rasio poisson, modulus Young, modulus Bulk setiap formasi pada Lapangan 'SA' 187

Tabel 6. 4. Rekomendasi berat lumpur pemboran (ppg) pada sumur rencana.....193

Tabel 6. 5. Desain *casing* Sumur SA-01 sampai Sumur SA-18.....194

Tabel 6. 6. Rekomendasi desain *casing* untuk sumur rencana.....194

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS GEOMEKANIKA UNTUK KESTABILAN SUMUR PEMBORAN PADA LAPANGAN 'SA', CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA
SETIA PRIHATIN, I Gde Budi Indrawan, S.T., M.Eng., Ph.D. ; Dimas Pramudito, S.T.
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR SINGKATAN

S_v	: tegangan vertikal atau tegangan *overburden* atau tegangan litostatik
Sh_{min}	: tegangan horizontal minimum atau *fracture pressure*
Sh_{max}	: tegangan horizontal maksimum
P_{hid}	: tekanan hidrostatik atau tekanan normal
P_p	: tekanan pori atau tekanan fluida atau tekanan formasi
σ'	: tegangan efektif
OB	: *overburden*
PRG	: Formasi Parigi
CIB	: Formasi Cibulakan
BRF	: Formasi Baturaja
TAF	: Formasi Talang Akar
VJTB	: Formasi Jatibarang
MDT	: *Modular dynamic tester*
MW	: *mudweight*
ECD	: *equivalent circulating density*
NCT	: *normal compaction trend*
RHOB	: *bulk density*
DT	: *short-spacing delay-time*
GR	: *total gamma ray*
VCLGR	: *volume shale gamma ray*
TVD	: *true vertical depth*
Psi	: *pound per square inch*
MD	: *measured depth*
UCS	: *uniaxial compressive strength*
Ts	: *tensile strength*
XRD	: *x-ray diffraction*
SEM	: *scanning electron microscope*