

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxix
DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN.....	xxx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan.....	3
I.4 Batasan Masalah.....	4
I.6 Lokasi Penelitian	5
I.7 Luaran Penelitian.....	6
I.8 Manfaat Penelitian.....	7
BAB I TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
II.1 Tinjauan Pustaka	8
II.2 Landasan Teori	13
II.2.1 Geologi dan Tektonik Cekungan Banggai-Sula	13
II.2.1.1. Stratigrafi dan Geologi Lokal Cekungan Banggai-Sula	16
II.2.1.2 <i>Petroleum System</i> Cekungan Banggai-Sula.....	21
II.2.1.3. Diagenesis Batuan Karbonat <i>Limestone</i>	22
II.2.1.4. Lingkungan Pengendapan Batuan Karbonat <i>Limestone</i>	26

II.2.1.5. Komposisi Batuan Karbonat <i>Limestone</i>	31
II.2.1.6. Klasifikasi Batuan Karbonat <i>Limestone</i>	38
II.2.2 Wireline / Well Logging.....	41
II. 2.2.1 Log Caliper (HCAL / CALCFM) / Bit Size (BS).....	41
II.2.2.2. <i>Log Gamma Ray</i> (GR / GRCKFM)	43
II.2.2.3. <i>Log Resistivity</i> (HLLD / HRLD / HLLS / HRLS / RXOZ / RPCEHM / RPCELM / RPCESHM / RPCESLM)	45
II.2.2.4. <i>Log Density</i> (RHOZ / BDCFM)	46
II.2.2.5. <i>Log Neutron</i> (TNPH / NPCKLNFM)	48
II.2.2.6. <i>Log Photoelectric Factor</i> (PEFZ / DPEFM)	50
II.2.2.7. <i>Log Sonic</i> (DT / DTS).....	52
II.2.2.8. Log Formation Microimager (XRMI).....	53
II.2.2.9. Log Nuclear Magnetic Resonance (NMR)	55
II.2.3. Data Inti Batuan (<i>Core Samples</i>).....	55
II.2.4 Analisis Petrofisika.....	56
II.2.4.1. Volume Serpih (<i>V_{sh}</i>).....	56
II.2.4.2. Porositas (ϕ)	58
II.2.4.3. Saturasi Air (<i>S_w</i>)	62
II.2.4.4. Permeabilitas (<i>k</i>)	63
II.2.4.5. <i>Lumping</i>	65
II.2.5 <i>Rock Physics</i>	66
II.2.5.1. <i>Compressional Velocity</i> (<i>V_p</i>) dan <i>Shear Velocity</i> (<i>V_s</i>)	66
II.2.5.2. Substitusi Fluida (<i>Wyllie Time Average</i>) dan Prediksi <i>V_s</i> (<i>Greenberg-Castagna</i>)	67
II.2.5.3. <i>Acoustic Impedance</i> (<i>AI</i>) dan <i>Shear Impedance</i> (<i>SI</i>).....	70
II.2.5.4. <i>Lambda Rho</i> ($\lambda\rho$) dan <i>Mu Rho</i> ($\mu\rho$).....	72
II.2.5.5. <i>Modulus Elastic</i> (<i>E</i> , <i>K</i> , <i>G</i> , <i>V</i>).....	74
II.2.6 Kekuatan Batuan (<i>Rock Strength</i>)	76
II.2.6.1. <i>Unconfined Compressive Strength</i> (<i>UCS</i>)	77
II.2.6.2. <i>Tensile Strength</i> (σ_t).....	79
II.2.6.3. <i>Friction Angel</i> (ϕ).....	79
II.2.6.4. <i>Cohesion</i> (<i>C</i>).....	79
II.2.6.5. <i>Mohr-Envelope</i>	80

BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....	84
III.1 Metode Penelitian.....	84
III.2 Tahapan Penelitian	85
BAB III PENGOLAHAN DAN PENYAJIAN DATA.....	89
IV.1 Pengolahan Data.....	89
IV.1.1 Deskripsi Batuan (<i>Core Description</i>).....	89
IV.1.2 Pra-kondisi dan Koreksi Lingkungan (<i>Pre-Conditioning Data</i>)...	90
IV.1.3 Perhitungan Petrofisika dan Kalibrasi <i>Core</i>	94
IV.1.4 Analisis dan Prediksi Log Vs	111
IV.1.5 Perhitungan Fisika Batuan (<i>Rock Physics</i>).....	114
IV.1.6 Perhitungan <i>Geomechanics Rock Strength</i>	118
IV.1.7 Perhitungan Model <i>Mohr Failure Envelope</i>	120
IV.2 Penyajian Data.....	121
IV.2.1 Deskripsi Batuan (<i>Core Description</i>).....	123
IV.2.2. Pra-kondisi dan Koreksi Lingkungan (<i>Pre-Conditioning Data</i>)...	139
IV.2.3. <i>Crossplot</i> Analisis (<i>Sensitivity Analysis</i>).....	143
IV.2.4. Hasil Perhitungan <i>Petrophysics</i>	149
IV.2.4.1 Hasil Perhitungan Volume Shale (<i>Vsh</i>)	150
IV.2.4.2 Hasil Perhitungan Porositas Total (Φ_t).....	155
IV.2.4.3 Hasil Perhitungan Porositas Efektif (Φ_{eff}) dan Sekunder (Φ_{SPI})..	159
IV.2.4.4 Hasil Perhitungan Saturasi Air (S_w).....	163
IV.2.4.5 Hasil Perhitungan Permeabilitas (k)	165
IV.2.4.6 Hasil Perhitungan <i>Cut-off</i>	167
IV.2.5 Hasil Perhitungan <i>Rock Physics</i>	168
IV.2.5.1 Hasil Substitusi Fluida (<i>Wyllie Time Average</i>) dan Prediksi Vs (<i>Greenberg-Castagna</i>)	169
IV.2.5.3 Hasil Perhitungan <i>Lambda Rho</i> ($\lambda\rho$) dan <i>Mu Rho</i> ($\mu\rho$)	171
IV.2.5.4 Hasil Perhitungan <i>Elastic Moduli (Dynamic/Static)</i>	172
IV.2.6 Hasil Perhitungan <i>Geomechanics Rock Strength</i>	175
IV.2.6.1 Hasil Perhitungan <i>Unconfined Compressive Strength</i> (σ_c), <i>Friction</i> <i>Angle</i> (ϕ_{FA}), <i>Tensile Strength</i> (σ_t), dan <i>Cohesion</i> (C).....	175
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	179
V.1 Interpretasi Geologi	179
V.2 Analisis Petrofisika.....	186

V.2.1	Analisis Hasil Perhitungan <i>Volume Shale</i> (V_{sh}).....	186
V.2.2	Analisis Hasil Porositas (Φ)	195
V.2.3	Analisis Hasil Saturasi Air (S_w).....	205
V.2.4	Analisis Hasil Permeabilitas (k)	209
V.2.5	Analisis Hasil <i>Cut-off</i>	218
V.3	Analisis <i>Rock Physics</i>	228
V.3.1	Analisis Hasil <i>Fluid Substitutions</i> dan <i>Predict Vs</i>	228
V.3.2	Analisis Hasil AI, SI, dan V_p/V_s	237
V.3.3	Analisis Hasil <i>Lamda-Rho</i> ($\lambda\rho$) dan <i>Mu-Rho</i> ($\mu\rho$).....	243
V.3.4	Analisis Hasil <i>Elastic Moduli (Dynamic / Static)</i>	249
V.4	Analisis <i>Geomechanics Rock Strength</i>	254
V.4.1	Analisis Hasil <i>Unconfined Compressive Strength</i> (σ_c), <i>Friction Angle</i> (ϕ_{FA}), <i>Tensile Strength</i> (σ_t), dan <i>Cohesion</i> (C).....	254
V.4.2	Analisis Hasil <i>Mohr-Envelope</i> dan <i>Stress Regime</i>	258
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		265
VI.1	Kesimpulan.....	265
VI.2	Saran	267
DAFTAR PUSTAKA		268
LAMPIRAN		
.....		274

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Lapangan “Related” JOB Pertamina-Medco Tomori (Hasanusi, 2004)	6
Gambar II.1 Tektonik regional dari Cekungan Banggai Sula [A] dan struktur mayor yang berkembang pada Tomori PSC [B] (Davies, 1990) ..	14
Gambar II.2 Peta Struktur yang telah diperbarui pada Cekungan Banggai - Sula dimana terdapat pengaruh dari <i>dextral strike-slip</i> (Ferdian, 2010)...	15
Gambar II.3 Stratigrafi regional dari Cekungan Banggai Sula (Davies, 1990) ..	17
Gambar II.4 Stratigrafi lapangan “related” dari Cekungan Banggai Sula (Sari, 2024)	18
Gambar II.6 Proses diagenesis batuan Karbonat <i>Limestone</i> (Tucker, 1990)	23
Gambar II.7 Pengaruh diagenesis terhadap perkembangan porositas dan permeabilitas Karbonat <i>Limestone</i> (Lucia, 2007)	25
Gambar II.8 Ilustrasi lingkungan pengendapan batuan Karbonat <i>Limestone</i> di zona neritik [A] dan fasies yang terendapkan pada <i>middle - deep neritic</i> [B] (James et. al, 2011)	27
Gambar II.9 Komposisi fasies dan jenis pengendapan batuan Karbonat <i>Limestone</i> di zona neritik (James et. al, 2011)	30
Gambar II.10 Tipe komposisi <i>non-skeletal grain</i> yang mengisi batuan Karbonat <i>Limestone</i> [A] dan <i>non-skeletal grain</i> pada <i>thin section</i> (Tucker, 1990; Flügel, 2004).	32
Gambar II.11 Tipe komposisi <i>skeletal grain</i> yang mengisi batuan Karbonat <i>Limestone</i> dan mineralogi yang mengisinya (Tucker, 1990).	35
Gambar II.12 Klasifikasi batuan Karbonat <i>Limestone</i> menurut (Dunham, 1962) dan modifikasi menurut (Embry & Klovan, 1972)	39
Gambar II.13 Perbandingan antara <i>vertical resolutions</i> dengan <i>depth of investigation</i> (modifikasi dari Mondol et al., 2015)	41

Gambar II.14 Respon <i>log caliper</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000)	42
Gambar II.15 Respon <i>log gamma ray</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000)	44
Gambar II.16 Respon <i>log resistivity</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000)	46
Gambar II.17 Respon <i>Log Density</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000).	47
Gambar II.18 Respon <i>Log Neutron</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000)	49
Gambar II.19 Respon <i>log photoelectric factor</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000)	51
Gambar II.20 Respon <i>Log Sonic</i> terhadap berbagai litologi batuan (Glover, 2000).	53
Gambar II.21 Respon <i>Log Borehole Imaging</i> (Tadayoni et al., 2020).	54
Gambar II.22 Respon <i>Log Nuclear Magnetic Resonance</i> (Tadayoni et al., 2020)	55
Gambar II.23 Kalkulasi <i>Volume Shale</i> dari berbagai metode <i>Gamma Ray</i> (Glover, 2000)	57
Gambar II.24 Porositas dan non-porositas pada batuan secara umum [A] (<i>Resources Victoria</i> , 2021), Porositas dari batuan Karbonat <i>Limestone</i> yang umumnya menjadi pengontrol (matriks, struktur, dan <i>karst</i>) [B] (<i>Cross et. al</i> , 2025), dan berbagai jenis porositas sekunder yang berkembang dalam batuan Karbonat <i>Limestone</i> [C] (<i>Lu et. al</i> , 2021).	59
Gambar II.25 Permeabilitas dan non-permeabilitas pada batuan secara umum [A] (<i>Resources Victoria</i> , 2021) dan perbedaan antara hubungan porositas-permeabilitas pada batupasir dan batu Karbonat <i>Limestone</i> (Arwini, 2020).	64

Gambar II.26 Perbandingan antara Vs asli dengan prediksi dengan menggunakan persamaan <i>Greenberg-Castagna</i> (Maleki, 2014).....	69
Gambar II.27 <i>Crossplot Shear Impedance vs Acoustic Impedance [A]</i> (Chioma <i>et al.</i> , 2018) dan <i>crossplot AI vs Vp/Vs</i> untuk membedakan jenis fluida dan litologi batuan [B] (Avseth <i>et al.</i> , 2015)	71
Gambar II.28 <i>Crossplot Chart Lambda Rho ($\lambda\rho$) dan Mu Rho ($\mu\rho$)</i> untuk membedakan litologi dan fluida (Goodway <i>et al.</i> , 1997).....	73
Gambar II.29 Perbandingan antara <i>Young's Modulus, Shear Modulus, Bulk Modulus</i> , dan <i>Poisson's Ratio</i> (modifikasi dari Zhang, 2020).....	75
Gambar II.30 Jenis-jenis tipe <i>core test</i> untuk mendapatkan <i>rock strength</i> , (A) <i>uniaxial compression</i> , (B) <i>uniaxial strain</i> , (C) <i>tensile strength</i> , (D) <i>hydrostatic</i> , (E) <i>triaxial compression</i> , (F) <i>polyaxial compression</i> . (modifikasi dari Zhang, 2020).....	77
Gambar II.31 <i>Mohr-Coulomb Failure Criterion</i> dan garis kegagalan akibat tekanan normal dan tekanan geser (dari Zhang, 2020)	81
Gambar II.32 Tipe <i>stress regime</i> dari peran orientasi σ_1 (Sv. SH, atau Sh) dan θf (Schlumberger, 2017l; Zhang, 2020)	82
Gambar III.1 Diagram kerangka berpikir penelitian.....	88
Gambar IV.I Contoh deskripsi core pada Sumur WD-19 (MedcoEnergi, 2024) 90	
Gambar IV.2 Penetrasi formasi Minahaki [A] , Mantawa [B] , dan Poh [C, D] pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	94
Gambar IV.3 Perhitungan <i>volume shale</i> dari <i>Neutron-Density [A]</i> dan dari <i>Gamma Ray [B]</i> pada Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19. 97	
Gambar IV.4 Perhitungan <i>volume shale</i> dari <i>Neutron-Density [A]</i> dan dari <i>Gamma Ray [B]</i> pada Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 . 97	
Gambar IV.5 Perhitungan <i>volume shale</i> dari <i>Neutron-Density [A, B]</i> dan dari <i>Gamma Ray [C, D]</i> pada Zona Poh SH dan Poh LM di Sumur WD-19.....	98

Gambar IV.6 Perhitungan porositas dari <i>Density</i> [A], <i>Sonic</i> [B], dan <i>Neutron Density</i> [C] pada Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	100
Gambar IV.7 Perhitungan porositas dari <i>Density</i> [A], <i>Sonic</i> [B], dan <i>Neutron Density</i> [C] pada Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	101
Gambar IV.8 Perhitungan porositas dari <i>Density</i> [A, B], <i>Sonic</i> [C, D], dan <i>Neutron Density</i> [E, F] pada Zona Poh SH dan Poh LM Sumur WD-19 .	102
Gambar IV.9 Perhitungan saturasi air pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan Poh LM [C, D] Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.	105
Gambar IV.10 <i>Capillary Pressure</i> pada Zona Mantawa WD-2 [A], Minahaki WD-5 [B], dan Poh LM, Poh SH, Mantawa, serta Minahaki WD-19 [C]	107
Gambar IV.11 Perhitungan permeabilitas pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan Poh LM [C, D] Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	108
Gambar IV.12 Analisis <i>sensitivity multi well cut-off summations Vsh</i> [A], <i>PHIE</i> [B], dan <i>Sw</i> [C] pada Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	109
Gambar IV.13 Analisis <i>sensitivity multi well cut-off summations Vsh</i> [A], <i>PHIE</i> [B], dan <i>Sw</i> [C] pada Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	110
Gambar IV.14 Analisis <i>sensitivity multi well cut-off summations Vsh</i> [A], <i>PHIE</i> [B], dan <i>Sw</i> [C] pada Zona Poh Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	111
Gambar IV.12 Perhitungan prediksi Vs pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan Poh LM [C, D] Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	114

Gambar IV.13 Perhitungan <i>Lambda-Rho</i> ($\lambda\rho$) dan <i>Mu-Rho</i> ($\mu\rho$) pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan Poh LM [C, D] Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	116
Gambar IV.14 Perhitungan modulus elastik dinamis pada Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	117
Gambar IV.15 Perhitungan koreksi <i>Young's Modulus Static</i> [A] dan <i>Shear Modulus Static</i> serta <i>Bulk Modulus Static</i> [B] pada Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	118
Gambar IV.16 Perhitungan UCS (σ_c) pada Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	119
Gambar IV.17 Perhitungan <i>friction angle</i> (ϕ_{FA}) pada Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	119
Gambar IV.18 Perhitungan <i>tensile strength</i> (σ_t) [A] dan <i>cohesion</i> (c) [B] pada Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	120
Gambar IV.19 Peta dasar dari Lapangan <i>Related</i>	122
Gambar IV.20 Analisis petrografi dari Sumur WD-2 (MedcoEnergi, 2002)....	124
Gambar IV.21 Analisis petrografi dari Sumur WD-19 (MedcoEnergi, 2024)..	130
Gambar IV.22 Analisis petrografi dari Sumur WD-19 (MedcoEnergi, 2024)..	134
Gambar IV.23 Analisis petrografi dari Sumur WD-19 (MedcoEnergi, 2024)..	137
Gambar IV.24 Analisis <i>badhole</i> pada Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C]	143
Gambar IV.25 Analisis <i>crossplot</i> [A] <i>Bulk Density vs Gamma Ray</i> , [B] <i>Bulk Density vs Neutron Porosity</i> , [C] <i>Bulk Density vs Compressional Slowness</i> , dan [D] <i>Bulk Density vs Compressional Slowness vs Resistivity</i> pada Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	144

Gambar IV.26 Analisis <i>crossplot</i> [A] <i>Bulk Density</i> vs <i>Gamma Ray</i> , [B] <i>Bulk Density</i> vs <i>Neutron Porosity</i> , [C] <i>Bulk Density</i> vs <i>Compressional Slowness</i> , dan [D] <i>Bulk Density</i> vs <i>Compressional Slowness</i> vs <i>Resistivity</i> Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19....	146
Gambar IV.27 Analisis <i>crossplot</i> [A] <i>Bulk Density</i> vs <i>Gamma Ray</i> , [B] <i>Bulk Density</i> vs <i>Neutron Porosity</i> , [C] <i>Bulk Density</i> vs <i>Compressional Slowness</i> , dan [D] <i>Bulk Density</i> vs <i>Compressional Slowness</i> vs <i>Resistivity</i> pada Zona Poh SH dan Poh LM Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	148
Gambar V.1 Proyeksi data Sumur pada seismik di lapangan “Related” (modifikasi dari Laya, 2025) [A] dan korelasi stratigrafi Sumur dari utara ke selatan (kanan menuju kiri) mulai dari WD-5, WD-2, dan WD-19 [B]	180
Gambar V.2 Elektrofases Sumur WD-5 berdasarkan asosiasi fasies <i>core</i> dan data <i>core</i> [A] serta lingkungan pengendapan neritik Karbonat <i>Limestone</i> [B] (James <i>et al</i> , 2011)	182
Gambar V.3 Elektrofases Sumur WD-2 berdasarkan asosiasi fasies <i>core</i> dan data <i>core</i> [A] serta lingkungan pengendapan neritik Karbonat <i>Limestone</i> [B] (James <i>et al</i> , 2011)	183
Gambar V.4 Elektrofases Sumur WD-19 berdasarkan asosiasi fasies <i>core</i> dan data <i>core</i> [A] serta lingkungan pengendapan neritik Karbonat <i>Limestone</i> [B] (James <i>et al</i> , 2011)	185
Gambar V.5 Nilai <i>Spectral Gamma Ray</i> (K, Th, U) pada Sumur WD-5 (MedcoEnergi, 2007)	187
Gambar V.6 Tampilan <i>track log volume shale Linear</i> (1), <i>Stieber</i> (2), <i>Larionov</i> (3), <i>Neutron-Density</i> (4), <i>Final</i> (5) pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	189
Gambar V.7 Tampilan <i>track log volume shale Linear</i> (1), <i>Stieber</i> (2), <i>Larionov</i> (3), <i>Neutron-Density</i> (4), <i>Final</i> (5) pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	190

Gambar V.8 Tampilan <i>track log volume shale Linear</i> (1), <i>Stieber</i> (2), <i>Larionov</i> (3), <i>Neutron-Density</i> (4), <i>Final</i> (5) pada Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B].....	191
Gambar V.9 Analisis <i>crossplot Vsh vs Vsh_{core}</i> pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan Poh LM [C] Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	194
Gambar V.10 Tampilan <i>track log</i> porositas total (Φ_t), efektif (Φ_{eff}), dan sekunder (Φ_{SPI}) pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	198
Gambar V.11 Tampilan <i>track log</i> porositas total (Φ_t), efektif (Φ_{eff}), dan sekunder (Φ_{SPI}) pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	199
Gambar V.12 Tampilan <i>track log</i> porositas total dari Φ_D , Φ_S , Φ_N , dan Φ_{ND} pada di Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B].....	200
Gambar V.13 Analisis <i>crossplot Φ_t vs Φ_{CORE}</i> pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH [C] dan Poh LM [D] Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	204
Gambar V.14 Tampilan <i>track log</i> saturasi air (S_w) pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	207
Gambar V.15 Tampilan <i>track log</i> saturasi air (S_w) pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	208
Gambar V.16 Tampilan <i>track log</i> saturasi air (S_w) pada di Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B].....	209
Gambar V.17 Tampilan <i>track log</i> permeabilitas (k) pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	212
Gambar V.18 Tampilan <i>track log</i> permeabilitas (k) pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	213
Gambar V.19 Tampilan <i>track log</i> permeabilitas (k) pada di Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B].....	214

Gambar V.20 Analisis <i>crossplot</i> k vs k_{CORE} pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], Φ_{CORE} vs k_{CORE} pada Zona Minahaki [C], Mantawa [D], dan Φ vs k pada Zona Minahaki [E], Mantawa [F] pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	217
Gambar V.21 Tampilan <i>track cut-off</i> Gross Net, Reservoir Net, dan Pay Net pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C]	221
Gambar V.22 Tampilan <i>track cut-off</i> Gross Net, Reservoir Net, dan Pay Net pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C]	222
Gambar V.23 Tampilan <i>track cut-off</i> Gross Net, Reservoir Net, dan Pay Net pada di Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B]	223
Gambar V.24 Tampilan <i>track fluid substitutions</i> pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	231
Gambar V.25 Tampilan <i>track fluid substitutions</i> pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	232
Gambar V.26 Tampilan <i>track fluid substitutions</i> pada di Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B].....	233
Gambar V.27 Analisis <i>crossplot</i> V_p vs V_s pada Zona Minahaki [A, B], Mantawa [C, D], dan Poh LM [E, F] pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	236
Gambar V.28 Analisis <i>crossplot</i> AI dan SI pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan LM [C] pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	240
Gambar V.29 Analisis <i>crossplot</i> AI dan V_p/V_s pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan LM [C] pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	242
Gambar V.30 Tampilan <i>track</i> V_p , V_s , V_p/V_s , AI, SI, $\lambda\rho$, dan $\mu\rho$ pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C]	245

Gambar V.31 Tampilan <i>track</i> V_p , V_s , V_p/V_s , AI, SI, $\lambda\rho$, dan $\mu\rho$ pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	246
Gambar V.32 Tampilan <i>track</i> V_p , V_s , V_p/V_s , AI, SI, $\lambda\rho$, dan $\mu\rho$ pada di Sumur WD-19 Zona Poh SH [A] dan Poh LM [B]	247
Gambar V.33 Analisis <i>crossplot</i> $\lambda\rho$ dan $\mu\rho$ pada Zona Minahaki [A], Mantawa [B], dan Poh SH dan LM [C] pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	249
Gambar V.34 Tampilan <i>track</i> E , K , G dan V pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	251
Gambar V.35 Tampilan <i>track</i> E , K , G dan V pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	252
Gambar V.36 Tampilan <i>track</i> E , K , G dan V pada di Sumur WD-19 Zona Poh LM	253
Gambar V.37 <i>Crossplot</i> antara <i>elastic moduli static log</i> vs <i>elastic moduli static core</i>	253
Gambar V.38 Tampilan <i>track</i> σ_c , ϕ_{FA} , σ_b , dan C pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	256
Gambar V.39 Tampilan <i>track</i> σ_c , ϕ_{FA} , σ_b , dan C pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	257
Gambar V.40 Tampilan <i>track</i> σ_c , ϕ_{FA} , σ_b , dan C pada di Sumur WD-19 Zona Poh LM.....	258
Gambar V.41 <i>Crossplot</i> antara <i>UCS log</i> vs <i>UCS core</i>	258
Gambar V.42 Tampilan <i>Mohr-Envelope Failure Creations</i> pada Zona Minahaki di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	261
Gambar V.43 Tampilan <i>Mohr-Envelope Failure Creations</i> pada Zona Mantawa di Sumur WD-2 [A], WD-5 [B], dan WD-19 [C].....	263
Gambar V.44 Tampilan <i>Mohr-Envelope Failure Creations</i> pada di Sumur WD-19 Zona Poh LM	263

Gambar V.45 <i>World Stress Map 2025 [A]</i> (Heidbach et.al, 2025) dan <i>Stress Orientation</i> di Lapangan Related [B] (Sari, 2024)	264
--	-----

DAFTAR TABEL

Tabel II-1. Hubungan relasi penelitian yang dilakukan terhadap penelitian terdahulu.....	11
Tabel II-2. Hubungan relasi penelitian yang dilakukan terhadap penelitian terdahulu.....	12
Tabel II-3. Hubungan antara jenis mineral dan batuan terhadap nilai pada <i>log density</i> (Glover, 2000).....	47
Tabel II-4. Kualitas batuan berdasarkan porositas (Koesoemadinata, 1980)	62
Tabel II-5. Kualitas batuan berdasarkan permeabilitas (Koesoemadinata, 1980)	65
Tabel II-6. Kecepatan Vp pada matriks dan fluida air (Mavko <i>et.al</i> , 2009).....	68
Tabel II-7. Koefisien empiris hubungan Vp-Vs (Greenberg dan Castagna, 1993)	70
Tabel II-8. Tipe batuan berdasarkan UCS (Zhang, 2020).....	78
Tabel III-1. Jenis data <i>log</i> yang digunakan dalam penelitian	85
Tabel IV-1. <i>Depth shifting</i> pada Sumur WD-2 (MedcoEnergi, 2002).....	91
Tabel IV-2. Klasifikasi <i>badhole</i> (modifikasi dari Fitch, 2013).....	92
Tabel IV-3. Penetrasi Formasi pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	93
Tabel IV-4. Nilai GR <i>min</i> dan GR <i>max</i> Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 pada (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	95
Tabel IV-5. Nilai NPHI _{ma} dan NPHI _{fl} Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 pada (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	96
Tabel IV-6. Nilai RHOB _{ma} dan RHOB _{fl} Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 pada (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	96
Tabel IV-7. Nilai DT _{ma} dan DT _{fl} Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 pada (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	99

Tabel IV-8. Parameter perhitungan saturasi air Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM pada Sumur WD-2 (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	103
Tabel IV-9. Parameter perhitungan saturasi air Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM pada Sumur WD-5 (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	104
Tabel IV-10. Parameter perhitungan saturasi air Zona Minahaki, Mantawa, Poh SH, dan Poh LM pada Sumur WD-19 (MedcoEnergi, 2002; 2007; 2024)	104
Tabel IV-11. Kecepatan V_p pada matriks dan fluida air (Mavko <i>et.al</i> , 2009)...	112
Tabel IV-12. Koefisien empiris hubungan V_p - V_s (Greenberg dan Castagna, 1993)	113
Tabel IV-13. Jenis data tersedia pada Lapangan <i>Related</i>	122
Tabel IV-14. Jenis data <i>log</i> yang digunakan dalam penelitian	123
Tabel IV-15. Hasil perhitungan <i>presentase washout</i> atau <i>swelling</i> terhadap lubang Sumur	139
Tabel IV-16. Hasil <i>volume shale</i> (V_{sh}) Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	150
Tabel IV-17. Hasil <i>volume shale</i> (V_{sh}) Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	152
Tabel IV-18. Hasil <i>volume shale</i> (V_{sh}) Zona Poh SH dan Poh LM Sumur WD-19	154
Tabel IV-19. Hasil porositas total (Φ_t) Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	156
Tabel IV-20. Hasil porositas total (Φ_t) Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19.....	157
Tabel IV-21. Hasil porositas total (Φ_t) Zona Poh SH dan Poh LM Sumur WD-19	158

Tabel IV-22. Hasil porositas efektif (Φ_{eff}) dan sekunder (Φ_{SPI}) pada Zona Minahaki Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	160
Tabel IV-23. Hasil porositas efektif (Φ_{eff}) dan sekunder (Φ_{SPI}) Zona Mantawa Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	161
Tabel IV-24. Hasil porositas efektif (Φ_{eff}) dan sekunder (Φ_{SPI}) Zona Poh SH dan Poh LM Sumur WD-19	162
Tabel IV-25. Hasil saturasi air pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	164
Tabel IV-26. Hasil permeabilitas Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	165
Tabel IV-27. Hasil <i>cut-off</i> pada Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	168
Tabel IV-28. Hasil rata-rata V_p dan V_s Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	169
Tabel IV-29. Hasil rata-rata AI, SI, dan V_p/V_s Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	171
Tabel IV-30. Hasil rata-rata $\lambda\rho$ dan $\mu\rho$ Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	172
Tabel IV-31. Hasil rata-rata E_{dyn} , E_{sta} , dan V Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	173
Tabel IV-32. Hasil rata-rata G_{dyn} , G_{sta} , K_{dyn} , dan K_{sta} Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	174
Tabel IV-33. Hasil rata-rata σ_c , ϕ_{FA} , σ_t , dan C Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	176
Tabel V-1. Hasil <i>volume shale final</i> (V_{sh}) Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19 ...	192
Tabel V-2. Hasil porositas total densitas (Φ_D) Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	201
Tabel V-3. Hasil porositas sekunder relatif ($\Phi_{\%}$) Sumur WD-2, WD-5, dan WD-19	202
Tabel V-4. Ketebalan reservoir Zona Minahaki Sumur WD-2	223
Tabel V-5. Ketebalan reservoir Zona Minahaki Sumur WD-5	225
Tabel V-6. Ketebalan reservoir Zona Minahaki Sumur WD-19	226
Tabel V-7. Ketebalan reservoir Zona Mantawa Sumur WD-2	227

Tabel V-8. Ketebalan reservoir Zona Mantawa Sumur WD-5.....	227
Tabel V-9. Ketebalan reservoir Zona Mantawa Sumur WD-19.....	227
Tabel V-10. Ketebalan reservoir Zona Poh LM Sumur WD-19	228

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. <i>Core Report</i> Sumur WD-2	275
Lampiran B. <i>Core Report</i> Sumur WD-5	278
Lampiran C. <i>Report</i> Sumur WD-19	282
Lampiran D. <i>XRD Report</i> Sumur WD-2.....	284
Lampiran E. <i>XRD Report</i> Sumur WD-19	286
Lampiran F. <i>Capillary Pressure</i> Sumur WD-2, WD-5, WD-19	288

DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN

SINGKATAN	
AI	<i>Acoustic Impedance</i>
BH_FL_BS_ HDRA	<i>Badhole from BS and HDRA</i>
BS	<i>Bit Size</i>
BVW_AR	<i>Bulk Volume Water from Archie Equations</i>
C	<i>Cohesion from UCS and FANG</i>
DT / DTC_GAD	<i>Compressional Slowness / <i>Compressional slowness from Gadner Equations</i></i>
DTS_FINAL / DTSg_CAS / DTSw_CAS / DTSn-r_CAS	<i>Shear Slowness from Greenberg Castagna / <i>Shear Slowness in Gas Fluid from Greenberg Castagna / Shear Slowness in Water Fluid Substitutions from Greenberg Castagna / <i>Shear Slowness in non-Reservoir from Greenberg Castagna</i></i></i>
E_DYN / E_STA_JF	<i>Young's Modulus (Dynamic) / <i>Young's Modulus (Static) from John Fuller</i></i>
FANG_PPC	<i>Friction Angle from Plumb Clay Volume and Porosity Correlation</i>
FF-RI	<i>Formation Resistivity Factor & Resistivity Index</i>
G_DYN / G_STA	<i>Shear Modulus (Dynamic) / <i>Shear Modulus (Static)</i></i>
GR / GRCKFM / IGR	<i>Callibrated Gamma Ray / <i>Gamma Ray Borehole, Mud Weight, Potassium Corrected Filtered / Index Gamma Ray</i></i>
K_DYN / K_STA	<i>Bulk Modulus (Dynamic) / <i>Bulk Modulus (Static)</i></i>
HCAL / CALCFM	<i>Caliper Corrected / <i>Acoustic Caliper Corrected Memory</i></i>
HDRA / DRHFM	<i>HRDD Density Correction / <i>Bulk Density Delta Rho Filtered Memory</i></i>
HLLD / HRLD	<i>HALS Laterolog Deep Resistivity</i>
HLLS / HRLS	<i>HALS Laterolog Shallow Resistivity</i>
HMC / LMC	<i>High Magnesium Calcite / <i>Low Magnesium Calcite</i></i>
MD	<i>Measured Depth</i>
MWD	<i>Meter Water Depth</i>

DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN

SINGKATAN	
NOB	<i>Net Overburden</i>
PEFZ / DPEFM	<i>HRDD Standard Resolution Formation Photoelectric Factor / Photoelectric Factor Filtered Memory</i>
PERM / PERM_CORE	<i>Permeability / Permeability from Core</i>
PHIE_D / PHIE_S	<i>Effective Porosity from Density Log / Effective Porosity from Sonic Log</i>
PHIT_D / PHIT_S / PHIT_Dw / PHIT_ND / PHIT_TNPH_CORR	<i>Total Porosity from Density Log / Total Porosity from Sonic Log / Total Porosity from Density Water Fluid Log / Total Porosity from Neutron-Density / Total Porosity from Neutron Correction Log</i>
PHIT_CORE / PHIV CORE	<i>Total Porosity from Core (RCAL) / Visual Porosity from Core (Thin Section)</i>
RCAL	<i>Routine Core Analysis</i>
RHOZ / BDCFM	<i>HRDD Standard Resolution Formation Density / Bulk Density Compensated Filtered Memory</i>
RPCEHM / RPCELM	<i>Resistivity Phase Corrected CRIM 2 MHz / Resistivity Phase Corrected CRIM 400 kHz</i>
RPCESHM / RPCESLM	<i>Resistivity Phase Short Spaced Corrected CRIM 2 MHz / Resistivity Phase Short Spaced Corrected CRIM 400 kHz</i>
R_w	<i>Resistivity Water</i>
RXOZ	<i>MCFL Standard Resolution Invaded Zone Resistivity</i>
SCAL	<i>Special Core Analysis</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
SI	<i>Shear Impedance</i>
SPI% / SPI_ABS	<i>Secondary Porosity Index Relative / Secondary Porosity Index Absolut</i>
S_w	<i>Water Saturation</i>

DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN

SINGKATAN	
T1 _w / T2 _w	T1 <i>Distrubution</i> / T2 <i>Distrubution</i>
T2P_MICRO / T2PI / T2PT	<i>Micro Porosity from T2 / Bound Porosity from T2 / Total Porosity from T2</i>
TNPH / NPCKLNFM	<i>Thermal Neutron Porosity / Neutron Porosity Corrected Karbonat Limestone Normalized Filtered Memory</i>
TSTR	<i>Tensile Strength</i>
TVD / TVDSS	<i>True Vertical Depth / True Vertical Depth Sub Sea</i>
UCS_SMG_RPC	<i>Unconfined Compressive Strength Plumb Shear Modulus</i>
V_DYN / V_STA	<i>Poisson Ratio (Dynamic) / Poisson Ratio (Static)</i>
Vp / Vpg / VPn-r / VPw_WY	<i>Compressional Velocity / Compressional Velocity Gas Fluid / Compressional Velocity non-Reservoir / Compressional Velocity Water Fluid Subtitutions from Wyllie-Time Average</i>
Vs / Vsg_Cas / Vsn-r_CAS / VSw_CAS	<i>Shear Velocity from Castagna / Shear Velocity Gas Fluid from Castagna / Shear Velocity non-Reservoir from Castagna / Shear Velocity Water Fluid Subtitutions from Castagna</i>
VPVS	<i>Compressional to Shear Velocity Ratio</i>
VSH_CORE	<i>Volume Shale from Core (XRD)</i>
VSH_GR / VSH_ST / VSH_LR / VSH_ND / VSH_FINAL	<i>Volume Shale from Gamma-Ray Linear / Volume Shale from Gamma-Ray Stieber Miocene / Volume Shale from Gamma-Ray Larionov Miocene / Volume Shale from Neutron-Density / Final Volume Shale from Gamma-Ray Larionov Miocene and Neutron-Density</i>
XPDS	<i>XRMI Button Image data</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
XRMI	<i>X-tended Range Micro Imager</i>

DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN

LAMBANG	
V_{sh}	<i>Volume Shale</i>
VSh_{linear}	<i>Volume Shale Linear</i>
$VSh_{Stieber}$	<i>Volume Shale Linear</i>
$VSh_{Larionov}$	<i>Volume Shale Larionov</i>
VSh_{ND}	<i>Volume Shale Neutron – Density</i>
Φ	<i>Porosity</i>
Φ_t	<i>Total Porosity</i>
ϕ_{eff}	<i>Effective Porosity</i>
ϕ_{SPI}	<i>Secondary Porosity</i>
ϕ_D	<i>Porosity Density</i>
ϕ_s	<i>Porosity Sonic</i>
ϕ_{ND}	<i>Porosity Neutron-Density</i>
ϕN_{corr}^2	<i>Porosity Neutron Correction</i>
HI	<i>Hydrogen Index</i>
ρ	<i>Density</i>
ma	<i>Matrix</i>
fl	<i>Fluid</i>
Δt	<i>Transit Time</i>
a	<i>Tortuosity Factor</i>
m	<i>Cementation Exponent</i>
n	<i>Saturation Exponent</i>
R_w	<i>Resistivity Water</i>
I	<i>Resistivity Index</i>
F	<i>Formation Resistivity Factor</i>
Sw	<i>Water Saturation</i>
Sw_{Ar}	<i>Water Saturation from Archie</i>
Sw_{Ind}	<i>Water Saturation from Indonesia</i>
Sw_{Sim}	<i>Water Saturation from Simandoux</i>

DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN

LAMBANG	
$S_{w_{WS}}$	<i>Water Saturation from Waxman-Smith</i>
S_{wirr}	<i>Irreducible Water</i>
k	<i>Permeability</i>
P_c	<i>Capillary Pressure</i>
V_p	<i>Compressional Velocity</i>
V_s	<i>Shear Velocity</i>
V_p/V_s	<i>Compressional to Shear Velocity Ratio</i>
$\Delta\rho$	<i>Lambda Rho</i>
$\mu\rho$	<i>Mu Rho</i>
d_{yn}	<i>Modulus Dynamics</i>
st_a	<i>Modulus Static</i>
E	<i>Young Modulus</i>
K	<i>Bulk Modulus</i>
G	<i>Shear Modulus</i>
ν	<i>Poisson Ratio</i>
σ_c	<i>Unconfined Compressive Strength</i>
σ_t	<i>Tensile Strength</i>
ϕ_{FA}	<i>Friction Angle</i>
c	<i>Cohesion</i>
σ_1	<i>Maximum Principal Stress</i>
σ_3	<i>Minimum Principal Stress</i>
σ_n	<i>Normal Stress</i>
τ	<i>Shear Stress</i>
θ_f	<i>Failure Plane Angle</i>
σ	<i>Stress</i>
ε	<i>Strain</i>
R^2	<i>Coefficient Corelations</i>

DAFTAR SINGKATAN, LAMBANG, DAN SATUAN

SATUAN	
ft	<i>Feet</i>
in	<i>Inch</i>
gAPI	<i>Gamma-ray API Unit</i>
ohm.m	<i>Ohm-meter</i>
v/v (ft ³ /ft ³)	<i>Fraction Volume (Cubic Feet per Cubic Feet)</i>
g/cm ³	<i>Gram per Centimeter Cubic</i>
b/e	<i>Barite Equivalent</i>
pu	<i>Porosity Unit</i>
%	<i>Percent</i>
us/ft	<i>Microsecond per Feet</i>
m/s	<i>Meter per Second</i>
km/s	<i>Kilometer per Second</i>
mD	<i>MiliDarcy</i>
g.ft/(cm ³ .s)	<i>Gram Feet per Centimeter Cubic Second.</i>
GPa	<i>Giga Pascal</i>
MPa	<i>Mega Pascal</i>
Mpsi	<i>Million Pounds per Square Inch</i>
Psi	<i>Pounds per Square Inch</i>
Gpa.g/cm ³	<i>Giga Pascal Gram per per Centimeter Cubic</i>
mm	<i>Milimeter</i>
μm	<i>Micrometer</i>
ppm	<i>Parts per Million</i>