

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
GLOSARIUM.....	xvii
DAFTAR NOTASI.....	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Tahapan Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Cekungan Natuna Barat.....	5
2.2. Evolusi Tektonik Cekungan Natuna Barat.....	7
2.3. Stratigrafi dan <i>Petroleum System</i> Cekungan Natuna Barat.....	8
2.4. Lapangan “Dalmasca”.....	11
2.5. Reservoir <i>Low Resistivity Low Contrast</i>	11
2.6. Dispersi Mineral Lempung.....	15
BAB 3. LANDASAN TEORI	
3.1. Reservoir <i>Low Resistivity Low Contrast</i>	19
3.2. Log Sumur.....	22
3.3. Petrofisika.....	30
3.4. Fisika Batuan.....	35
3.5. <i>Fluid Substitution</i>	44
3.6. Model Fisika Batuan.....	49
3.7. Seismik Refleksi dan <i>Well-seismic Tie</i>	57
3.8. Atribut Seismik.....	65
3.9. <i>Amplitude Variation with Offset</i> (AVO) Sintetik.....	68
3.10. Konversi Domain Waktu-Kedalaman.....	71
3.11. Inversi Simultan.....	72
BAB 4. METODE PENELITIAN	
4.1. Metodologi Penelitian.....	73
4.2. Dataset.....	73
4.3. QC dan Evaluasi Properti Petrofisika.....	76
4.4. Evaluasi Properti Fisika Batuan.....	77
4.5. <i>Well-seismic Tie</i>	79
4.6. Interpretasi Data Seismik Refleksi.....	85
4.7. Inversi Simultan.....	90
BAB 5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	

5.1. Analisis Properti Petrofisika.....	102
5.2. Analisis Properti Fisika Batuan.....	109
5.3. Interpretasi Data Seismik Refleksi.....	116
5.4. Analisis <i>Amplitude Variation with Offset</i> (AVO) Sintetik.....	123
5.5. Interpretasi Hasil Inversi Simultan.....	125
BAB 6. KESIMPULAN.....	137
DAFTAR PUSTAKA.....	138
LAMPIRAN 1.....	146
LAMPIRAN 2.....	150
LAMPIRAN 3.....	151
LAMPIRAN 4.....	158

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Model pergerakan lempeng India dan Australia (modifikasi dari Daly, dkk., 1991; Patriat dan Achache, 1984)	6
Gambar 2.2	Model tektonik lempeng sebagian benua Asia dan Australia (modifikasi dari Hall dan Sevastjanova, 2012).....	6
Gambar 2.3	Skema episode tektonik pada cekungan Natuna Barat (modifikasi dari Daly dkk., 1991; Manur dan Jacques, 2014).....	7
Gambar 2.4	Kolom stratigrafi cekungan Natuna Barat (Phillips, dkk., 1997).....	12
Gambar 2.5	Peta lokasi lapangan “Dalmasca” (modifikasi dari Nugraha, dkk., 2014).....	13
Gambar 2.6	Contoh penggunaan plot antara porositas efektif dan volume serpih pada deteksi keberadaan mineral lempung terdispersi pada reservoir batupasir (modifikasi dari Thomas dan Stieber, 1975).....	16
Gambar 2.7	Contoh penggunaan plot antara densitas dan volume serpih pada deteksi keberadaan mineral lempung terdispersi pada reservoir batupasir (modifikasi dari Thomas dan Stieber, 1975).....	16
Gambar 2.8	Sketsa lingkungan pengendapan tempat <i>clay authigenesis</i> dapat terjadi (modifikasi dari Weaver, 1989).....	17
Gambar 2.9	Ilustrasi mineral lempung terdispersi (modifikasi dari Neasham, 1979).....	18
Gambar 3.1	Hubungan antara kecepatan gelombang P, S, densitas, dan saturasi air pada reservoir gas di lokasi penelitian.....	22
Gambar 3.2	Interpretasi litologi dengan menggunakan log <i>gamma ray</i> di lokasi penelitian.....	24
Gambar 3.3	Analisis log <i>caliper</i> dalam menentukan keberadaan <i>mudcake</i> dan zona <i>washout</i> di lokasi penelitian.....	24
Gambar 3.4	Skema <i>depth of investigation</i> beserta log resistivitasnya (modifikasi dari Asquith, dkk., 2004).....	25
Gambar 3.5	Contoh bacaan log resistivitas pada reservoir gas di lokasi penelitian.....	26
Gambar 3.6	Kegunaan log <i>total gas</i> dalam mendeteksi zona yang mengandung gas di lokasi penelitian.....	27
Gambar 3.7	Contoh respon log <i>total gas</i> , resistivitas, densitas, dan <i>neutron porosity</i> pada reservoir gas di lokasi penelitian.....	27
Gambar 3.8	Contoh respon log V_p dan V_s pada reservoir di lokasi penelitian.....	29
Gambar 3.9	Contoh klastering <i>crossplot</i> V_p dan V_s pada reservoir di lokasi penelitian.....	29
Gambar 3.10	Contoh klastering <i>crossplot</i> V_p dan densitas pada reservoir di lokasi penelitian.....	30
Gambar 3.11	Contoh klastering <i>crossplot</i> V_s dan densitas pada reservoir di lokasi penelitian.....	30
Gambar 3.12	<i>Crossplot</i> hubungan antara densitas dan porositas neutron	34

	dalam penentuan volume serpih (modifikasi dari Crain, 2015).....	
Gambar 3.13	Ilustrasi konsep <i>stress-strain</i> pada sebuah benda (modifikasi dari Beer, dkk., 2012).....	37
Gambar 3.14	Ilustrasi sebuah benda berbentuk tabung dengan panjang L , jari-jari r , dan luasan A yang terdeformasi setelah diberikan suatu gaya F sehingga menghasilkan perubahan panjang dL dan perubahan jari-jari dr (Wangen, 2010).....	37
Gambar 3.15	Referensi interpretasi litologi dengan menggunakan <i>crossplot</i> antara impedansi akustik dengan rasio Poisson (Castagna dan Backus, 1993).....	40
Gambar 3.16	Ilustrasi ketika <i>stress</i> yang diberikan kepada sebuah benda memiliki arah paralel terhadap permukaan benda (Wangen, 2010).....	42
Gambar 3.17	Contoh respon λ -rho dan μ -rho pada reservoir batupasir (<i>clean</i>) dengan tipe fluida yang berbeda pada lapangan “Dalmasca”.....	44
Gambar 3.18	Contoh respon λ -rho dan μ -rho pada reservoir batupasir serpihan dengan tipe fluida yang berbeda pada lapangan “Dalmasca”.....	44
Gambar 3.19	Contoh respon seismik refleksi sebagai turunan densitas dan kecepatan gelombang pada lapangan “Dalmasca”.....	59
Gambar 3.20	Contoh langkah dalam melakukan <i>well-seismic tie</i> pada lapangan “Dalmasca”.....	61
Gambar 3.21	Ilustrasi survei <i>checkshot</i> pada sumur vertikal dan deviasi (Veeken, 2006).....	62
Gambar 3.22	Ilustrasi kecepatan interval pada survei <i>checkshot</i> (modifikasi dari Veeken, 2006).....	63
Gambar 3.23	Contoh penerapan koreksi kurva <i>drift</i> untuk mengoreksi data log <i>sonic</i> pada lapangan “Dalmasca”.....	64
Gambar 3.24	Ilustrasi beberapa <i>wavelet</i> yang dapat digunakan pada proses <i>well-seismic tie</i> pada lapangan “Dalmasca”.....	64
Gambar 3.25	Ilustrasi bentuk koordinat polar pada <i>trace</i> kompleks (modifikasi dari Taner, dkk., 1979).....	66
Gambar 3.26	Contoh variasi amplitudo gelombang seismik pada <i>offset</i> yang berbeda pada lapangan “Dalmasca”.....	69
Gambar 3.27	Pembagian kelas-kelas AVO (modifikasi dari Hall, 2011)...	69
Gambar 3.28	Contoh perbandingan plot antara sudut datang gelombang seismik dan koefisien refleksi dengan menggunakan metode perhitungan koefisien refleksi Aki-Richards, Smith-Gidlow, Fatti, dan Offset penuh (modifikasi dari Ursenbach dan Stewart, 2008).....	71
Gambar 4.1	Diagram alir umum penelitian.....	74
Gambar 4.2	Peta sebaran sumur pada lapangan “Dalmasca”.....	76
Gambar 4.3	Diagram alir analisis data petrofisika.....	78
Gambar 4.4	QC hasil perhitungan properti petrofisika dengan menggunakan model fisika batuan pada lapangan “Dalmasca”.....	79

Gambar 4.5	Hasil <i>fluid substitution</i> pada sumur Alpha-5.....	80
Gambar 4.6	Hasil <i>fluid substitution</i> pada sumur Alpha-6.....	81
Gambar 4.7	Hasil <i>fluid substitution</i> pada sumur Beta-6.....	82
Gambar 4.8	Hasil <i>fluid substitution</i> pada sumur Beta-7.....	83
Gambar 4.9	Diagram alir analisis data fisika batuan.....	84
Gambar 4.10	<i>Wavelet bandpass</i> yang digunakan pada proses <i>well-seismic tie</i> di lokasi penelitian.....	85
Gambar 4.11	Hasil <i>well-seismic tie</i> pada sumur Alpha-5.....	86
Gambar 4.12	Hasil <i>well-seismic tie</i> pada sumur Alpha-6.....	87
Gambar 4.13	Hasil <i>well-seismic tie</i> pada sumur Beta-6.....	88
Gambar 4.14	Hasil <i>well-seismic tie</i> pada sumur Beta-7.....	89
Gambar 4.15	Diagram alir interpretasi data seismik refleksi.....	91
Gambar 4.16	Diagram alir inversi seismik dengan menggunakan metode inversi simultan.....	92
Gambar 4.17	Model lapisan yang menunjukkan sebaran nilai kecepatan gelombang P (V_p).....	93
Gambar 4.18	Model lapisan yang menunjukkan sebaran nilai kecepatan gelombang S (V_s).....	94
Gambar 4.19	Model lapisan yang menunjukkan sebaran nilai impedansi akustik (AI).....	95
Gambar 4.20	Model lapisan yang menunjukkan sebaran nilai impedansi geser (SI).....	96
Gambar 4.21	Grup <i>wavelet</i> yang digunakan pada proses inversi seismik di lokasi penelitian.....	97
Gambar 4.22	Parameter masukan inversi yang didapatkan melalui analisis inversi di lokasi penelitian.....	97
Gambar 4.23	Hasil analisis inversi pada sumur Alpha-5.....	98
Gambar 4.24	Hasil analisis inversi pada sumur Alpha-6.....	99
Gambar 4.25	Hasil analisis inversi pada sumur Beta-6.....	100
Gambar 4.26	Hasil analisis inversi pada sumur Beta-7.....	101
Gambar 5.1	Data log serta hasil perhitungan properti petrofisika dan fisika batuan pada sumur Alpha-5.....	105
Gambar 5.2	Data log serta hasil perhitungan properti petrofisika dan fisika batuan pada sumur Alpha-6.....	106
Gambar 5.3	Data log serta hasil perhitungan properti petrofisika dan fisika batuan pada sumur Beta-6.....	107
Gambar 5.4	Data log serta hasil perhitungan properti petrofisika dan fisika batuan pada sumur Beta-7.....	108
Gambar 5.5	Korelasi lithostratigrafi daerah penelitian berdasarkan pada properti petrofisika.....	109
Gambar 5.6	<i>Crossplot</i> antara λ -rho dan μ -rho terhadap volume serpih untuk mengkarakterisasi kedua tipe reservoir pada interval Arang-0 dan Arang-1 lapangan “Dalmasca”.....	110
Gambar 5.7	<i>Crossplot</i> hubungan antara kecepatan gelombang P dan S pada interval Arang-0 lapangan “Dalmasca”.....	111
Gambar 5.8	<i>Crossplot</i> hubungan antara kecepatan gelombang P dan densitas pada interval Arang-0 lapangan “Dalmasca”.....	112
Gambar 5.9	<i>Crossplot</i> hubungan antara porositas total dan kecepatan	112

	gelombang P pada interval Arang-0 lapangan “Dalmasca”....	
Gambar 5.10	<i>Crossplot</i> hubungan antara porositas total dan kecepatan gelombang S pada interval Arang-0 lapangan “Dalmasca”....	113
Gambar 5.11	<i>Crossplot</i> hubungan antara kecepatan gelombang P dan S pada interval Arang-1 lapangan “Dalmasca”.....	113
Gambar 5.12	<i>Crossplot</i> hubungan antara kecepatan gelombang P dan densitas pada interval Arang-1 lapangan “Dalmasca”.....	114
Gambar 5.13	<i>Crossplot</i> hubungan antara porositas total dan kecepatan gelombang P pada interval Arang-1 lapangan “Dalmasca”....	115
Gambar 5.14	<i>Crossplot</i> hubungan antara porositas total dan kecepatan gelombang S pada interval Arang-1 lapangan “Dalmasca”....	115
Gambar 5.15	<i>Shallow unconsolidated channel</i> (SUC) beserta dampaknya terhadap keberadaan <i>shadowed zone</i> (SZ).....	117
Gambar 5.16	Penggunaan atribut seismik <i>Q-factor</i> untuk melihat sebaran SUC dan SZ.....	117
Gambar 5.17	Peta <i>time slice</i> morfologi SUC pada lapangan “Dalmasca” pada kedalaman 160 ms.....	118
Gambar 5.18	Hasil interpretasi horizon Top Arang-0 dan Base Arang-1 pada data <i>arbitrary line</i> seismik beserta beberapa sumur yang ada pada lapangan “Dalmasca”.....	119
Gambar 5.19	Kenampakan fitur <i>scouring</i> serta <i>graben-horst</i> yang ada pada interval Arang-0 dan Arang-1 lapangan “Dalmasca”....	119
Gambar 5.20	Penggunaan atribut seismik <i>instantaneous phase</i> dalam mempermudah interpretasi horizon pada daerah yang dipengaruhi oleh <i>scouring</i>	120
Gambar 5.21	Kenampakan sebuah patahan naik utama yang menjadi kontrol tektonik utama pada lapangan “Dalmasca”.....	120
Gambar 5.22	Peta sebaran patahan pada lapangan “Dalmasca”.....	121
Gambar 5.23	Peta struktur-waktu pada horizon Top Arang-0.....	121
Gambar 5.24	Model 3 dimensi horizon Top Arang-0.....	122
Gambar 5.25	Peta struktur-kedalaman pada horizon Top Arang-0.....	122
Gambar 5.26	Plot <i>gather</i> sintetik pada sumur Alpha-5, Beta-6, dan Beta-7.....	124
Gambar 5.27	Analisis kelas AVO pada reservoir target dengan menggunakan plot sudut rata-rata <i>angle gather</i> sintetik dan koefisien refleksi.....	125
Gambar 5.28	Analisis kelas AVO pada reservoir target dengan menggunakan plot <i>intercept</i> dan <i>gradient</i>	125
Gambar 5.29	<i>Horizon slice</i> amplitudo seismik pada Top Arang-0 hingga Base Arang-1.....	126
Gambar 5.30	Hasil inversi densitas pada keempat sumur kunci yang ditunjukkan pada penampang seismik.....	127
Gambar 5.31	<i>Horizon slice</i> hasil inversi densitas pada top Arang-0 hingga Base Arang-1.....	127
Gambar 5.32	Hasil inversi impedansi akustik pada keempat sumur kunci yang ditunjukkan pada penampang seismik.....	128
Gambar 5.33	<i>Horizon slice</i> hasil inversi impedansi akustik pada top Arang-0 hingga Base Arang-1.....	129

Gambar 5.34	Hasil inversi rasio kecepatan gelombang pada keempat sumur kunci yang ditunjukkan pada penampang seismik.....	130
Gambar 5.35	<i>Horizon slice</i> hasil inversi rasio kecepatan gelombang pada top Arang-0 hingga Base Arang-1	130
Gambar 5.36	Hasil inversi lambda-rho pada keempat sumur kunci yang ditunjukkan pada penampang seismik.....	131
Gambar 5.37	<i>Horizon slice</i> hasil inversi lambda-rho pada top Arang-0 hingga Base Arang-1.....	132
Gambar 5.38	Hasil inversi mu-rho pada keempat sumur kunci yang ditunjukkan pada penampang seismik.....	133
Gambar 5.39	<i>Horizon slice</i> hasil inversi mu-rho pada top Arang-0 hingga Base Arang-1.....	133
Gambar 5.40	Plot log resistivitas pada hasil inversi lambda-rho.....	135
Gambar 5.41	Plot log resistivitas pada hasil inversi mu-rho.....	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar formasi yang berada pada cekungan Natuna Barat, beserta umur, lingkungan pengendapan, dan peranannya dalam <i>petroleum system</i> (Maynard dan Murray, 2003; Morley, dkk., 2003; Laporan internal ConocoPhillips Indonesia dalam Permana dkk., 2015).....	10
Tabel 2.2	Karakteristik reservoir tipe 1 dan 2 yang ada pada interval Arang-0 dan Arang-1 lapangan “Dalmasca”.....	14
Tabel 2.3	Faktor-faktor yang menyebabkan rendahnya resistivitas sebuah reservoir (Muammar dan Panjaitan, 2016).....	14
Tabel 2.4	Referensi nilai CEC material lempung pada pH 7 (Carroll, 1959).....	14
Tabel 2.5	Referensi beberapa mineral lempung yang dapat terbentuk melalui proses <i>authigenesis</i> dan terdispersi didalam pori-pori batuan beserta rumus kimianya (Hillier, 1985).....	17
Tabel 3.1	Efek yang ditimbulkan oleh kehadiran serpih beserta material halus lainnya pada interval target pada lokasi penelitian.....	19
Tabel 3.2	Daftar log sumur beserta kegunaannya (Asquith, dkk., 2004; Simm, 2007; Firdaus, dkk., 2013; Permana, dkk., 2015).....	23
Tabel 3.3	Referensi nilai densitas matriks beserta fluida pemboran (Asquith, dkk., 2004).....	32
Tabel 3.4	Referensi nilai faktor tortuositas (a) dan eksponensial sementasi (m) untuk berbagai macam litologi reservoir (Carothers, 1968; Carothers dan Porter, 1970; Sethi, 1979; Asquith, 1980).....	35
Tabel 3.5	Daftar properti elastik yang digunakan pada penelitian ini beserta kegunaannya dalam analisis data.....	36
Tabel 3.6	Parameter masukkan model fisika batuan <i>Voigt upper boundary</i> dan <i>Reuss lower boundary</i>	55
Tabel 3.7	Parameter masukkan model fisika batuan <i>friable-sand</i> dan <i>friable-shale</i>	56
Tabel 3.8	Parameter masukkan model fisika batuan <i>modified Hashin-Shtrikman upper boundary</i>	56
Tabel 3.9	Parameter masukkan model fisika batuan <i>constant cement</i>	56
Tabel 3.10	Parameter masukkan model fisika batuan <i>contact cement</i>	57
Tabel 3.11	Parameter masukkan model fisika batuan <i>Gardner sandstone</i> , <i>Gardner shale</i> , dan <i>Castagna mudrock</i>	57
Tabel 3.12	Parameter masukkan model fisika batuan <i>Greenberg/Castagna sandstone</i> , <i>Greenberg/Castagna shale</i> , dan <i>Murphy/Simm quartz</i>	57
Tabel 3.13	Peranan beberapa atribut seismik pada interpretasi data seismik refleksi (Taner, dkk., 1979; Taner, 2001; Pereira, 2009; Chopra dan Marfurt, 2012).....	66
Tabel 4.1	Daftar sumur yang berada pada lapangan “Dalmasca” beserta peranannya.....	75
Tabel 4.2	Dataset yang digunakan pada penelitian.....	75



Tabel 4.3	Koefisien dan parameter masukkan inversi di lokasi penelitian	90
Tabel 5.1	Rerata nilai properti petrofisika pada keempat sumur kunci.....	102
Tabel 5.2	Variasi properti fisika batuan pada interval Arang-0 dan Arang-1 lapangan “Dalmasca” untuk membedakan respon anomali reservoir tipe A, B, serta formasi non-reservoir.....	136

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Referensi nilai beberapa properti fisika batuan.....	146
Lampiran 2	Data masukkan pada konversi domain waktu-kedalaman...	150
Lampiran 3	Data log pada sumur-sumur non-kunci.....	151
Lampiran 4	Plot beberapa data log sumur pada hasil inversi lambda- rho dan mu-rho.....	158