

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
INTISARI	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Rumusan Masalah	2
I.3. Maksud dan Tujuan	2
I.4. Lingkup Penelitian.....	3
I.4.1 Daerah Penelitian	3
I.4.2 Lingkup Pekerjaan.....	3
I.5. Batasan Penelitian	4
I.6. Penelitian Terdahulu	4
I.7. Keaslian Penelitian	6
I.8. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II GEOLOGI DAERAH PENELITIAN	
II.1. Geologi Regional	7
II.2. Fisiografi Regional.....	8
II.3. Tektonik Regional	9

II.4. Struktur Geologi Regional	11
II.5. Stratigrafi Regional	14
II.6. Formasi Sangkarewang sebagai <i>Shale Gas</i> Reservoir	17
 BAB III DASAR TEORI	
III.1. <i>Shale Gas</i>	21
III.2. <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	21
III.3. Teknik DeltalogR ($\Delta\log R$)	22
III.4. <i>Brittleness Index</i>	28
III.5. Analisis Sikuen Stratigrafi	30
III.6. Seismik Inversi	32
III.7. Sifat Fisis Batuan	36
 BAB IV HIPOTESIS DAN METODOLOGI PENELITIAN	
IV.1. Hipotesis	38
IV.2. Alat dan Bahan	38
IV.2.1 Alat	38
IV.2.2 Bahan	39
IV.3. Tahapan Penelitian	45
IV.3.1 Persiapan dan Studi Pustaka	45
IV.3.2 Pengumpulan Data	45
IV.3.3 Pengolahan dan Analisis	45
IV.3.4 <i>Reporting</i>	45
III.4. Diagram Alir Penelitian	46
III.5. Agenda Penelitian	50
 BAB V PENENTUAN ZONA INTERVAL FORMASI SANGKAREWANG	
V.1. Analisis Sikuen Stratigrafi	51
V.2. <i>Plotting Data Total Organic Carbon</i> (TOC) dan Kematangan ..	53

BAB VI ANALISIS <i>TOTAL ORGANIC CARBON</i> (TOC) DAN <i>BRITTLENESS INDEX</i> (BI)	
VI.1. Analisis <i>Total Organic Carbon</i> (TOC).....	57
VI.1.1. Penyajian Data	57
VI.1.2. Penerapan Teknik $\Delta\log R$	58
VI.1.3. Analisis <i>Crossplot</i>	64
VI.2. Analisis <i>Brittleness Index</i> (BI)	77
VI.2.1. Penyajian Data BI	77
VI.2.2. Pembuatan Log BI	77
VI.2.3. Analisis Zona <i>Interest</i> Vertikal dan <i>Crossplot</i>	84
 BAB VII PENYEBARAN TOC, BI, DAN PENENTUAN <i>SWEET SPOT</i>	
VII.1. Interpretasi dan Pengolahan Seismik	87
VII.1.1. <i>Well Seismic Tie</i>	87
VII.2.2. Interpretasi Seismik	90
VII.3.3. Seismik Inversi	96
VII.2. Analisis Penyebaran	100
VII.2.1. Analisis Penyebaran <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) ...	100
VII.2.2. Analisis Penyebaran <i>Brittleness Index</i> (BI).....	101
VII.3. Penentuan <i>Sweet Spot</i>	104
 BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN	
VIII.1. Kesimpulan	110
VIII.2. Saran	110
 DAFTAR PUSTAKA	 111
 LAMPIRAN	 114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Daerah Penelitian terletak di Cekungan Ombilin	3
Gambar 2.1.	Lokasi Cekungan Ombilin (Situmorang dkk, 1991)	7
Gambar 2.2.	Peta Fisiografi Regional Sumatra Tengah (Van Bemmelen, 1949)	8
Gambar 2.3.	<i>Cross-section</i> Sumatra bagian tengah dan konfigurasi tektonik Cekungan Ombilin (modifikasi Koning, 1985 dalam Noeradi dkk., 2005)	9
Gambar 2.4.	Perbandingan diagramatik menunjukkan kesamaan antara struktur regional dari Cekungan Ombilin dan Death Valley, California. (Koning, 1985)	12
Gambar 2.5.	Peta struktur Cekungan Ombilin (Situmorang dkk., 1991)	14
Gambar 2.6.	Kolom Stratigrafi Cekungan Ombilin (Noeradi dkk., 2005)	16
Gambar 2.7.	Peta Geologi Cekungan Ombilin (dimodifikasi dari Koesoemadinata dan Matasak, 1981)	17
Gambar 2.8.	Data <i>vitroinite reflectance</i> dan <i>spore colour index</i> sumur Sinamar-1. (Koning, 1985)	19
Gambar 2.9.	Data sumur Sinamar-1 (Koning, 1985)	20
Gambar 3.1.	Transformasi DeltalogR menjadi <i>Total Organic Carbon</i> (Passey <i>et al.</i> , 1990)	23
Gambar 3.2.	Hubungan antara tingkat kematangan (Ro) dengan <i>Level of Organic Metamorphism</i> (LOM). (Crain, 2010)..	24
Gambar 3.3.	A: Plot TOC (wt%) vs impedansi akustik pada Kimmeridge Clay di sumur Metherhills Quarry. B: plot yang sama pada Formasi Hekkingen (Løseth <i>et al.</i> , 2011)	25

Gambar 3.5.	A: Formasi Spekk di Norwegian Sea. B: Formasi Hekkingen di Barrent Sea. Pola kurva TOC memiliki korelasi dengan nilai densitas dan respon data seismik, nilai TOC yang lebih tinggi memiliki nilai densitas yang lebih rendah dan nilai amplitudo yang tinggi (Løseth <i>et al.</i> , 2011)	26
Gambar 3.5.	A: Penampang seismik. B: penampang impedansi akustik yang diperoleh dari inversi data seismik. C: penampang TOC yang diperoleh	26
Gambar 3.6.	Gambar SEM dari sampel Barnett <i>Shale</i> , <i>Silt</i> (orange) dan kalsit (kuning) bercampur dengan pertikel <i>clay</i> (magenta), obyek intragranular sebagai kerogen (putih). Obyek lingkaran pada kerogen sebagai pori (<i>cyan</i>). (Rooderick & Kurt, 2014, modifikasi dari Sondergeld <i>et al.</i> [2010a])	28
Gambar 3.7.	Klasifikasi BI dikategorikan menjadi empat kelompok. (Altamar & Marfurt, 2015)	30
Gambar 3.8.	Model pengendapan yang menggambarkan <i>system track</i> sebagai <i>boundary</i> sikuen (Embry, 2009)	31
Gambar 3.9.	Diagram konsep dasar inversi seismik (Sukmono, 2000).	33
Gambar 3.10.	Proses Inversi <i>Modelbased</i> (Sukmono, 2000)	35
Gambar 4.1.	Basemap data seismik dan data sumur yang digunakan ..	39
Gambar 4.2.	Penampang seismik <i>inline</i> 1386	40
Gambar 4.3.	Data <i>Mudlog</i> sumur Sinamar-1	41
Gambar 4.4.	Data <i>wireline</i> log sumur Sinamar-1.	42
Gambar 4.5.	Data geokimia sumur Sinamar-1	42
Gambar 4.6.	Data biostratigrafi sumur <i>South</i> Sinamar-2	43
Gambar 4.7.	Data analisis XRD sumur <i>South</i> Sinamar-2	44
Gambar 4.8.	Data analisis kualitatif XRD sumur Sinamar-1	44
Gambar 4.9.	Data analisis semi kuantitatif XRD sumur Sinamar-1 pada sampel 7862 ft MD	45

Gambar 4.10.	Diagram alir penelitian	46
Gambar 4.11.	Diagram alir penerapan teknik deltaLogR	48
Gambar 5.1.	Analisis sikuen stratigrafi sumur Sinamar-1 interval Formasi Sangkarewang dan Formasi Sawahlunto.....	52
Gambar 5.2.	Analisis sikuen stratigrafi sumur <i>South</i> Sinamar-2 interval Formasi Sangkarewang dan Formasi Sawahlunto	52
Gambar 5.3.	Korelasi stratigrafi sumur Sinamar-1 dan <i>South</i> Sinamar-2	53
Gambar 5.4.	<i>Plotting</i> nilai TOC terhadap kedalaman sumur Sinamar-1	54
Gambar 5.5.	<i>Plotting</i> nilai TOC terhadap kedalaman sumur <i>South</i> Sinamar-2	54
Gambar 5.6.	Diagram Van Krevelen Sumur Sinamar-1 interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang yang telah dimodifikasi. (Tissot & Welte, 1984)	56
Gambar 6.1.	<i>Overlay</i> log DT dan log Resistivitas untuk penentuan nilai <i>baseline</i> sumur Sinamar-1	59
Gambar 6.2.	Penentuan nilai LOM sumur Sinamar-1	60
Gambar 6.3.	Hasil log TOC dengan kalibrasi data sampel sumur Sinamar-1	61
Gambar 6.4.	Hasil <i>crossplot</i> antara nilai TOC data sampel dengan nilai TOC log sumur Sinamar-1	61
Gambar 6.5.	<i>Overlay</i> log DT dan log Resistivitas untuk penentuan nilai <i>baseline</i> sumur <i>South</i> Sinamar-2.....	62
Gambar 6.6.	Penentuan nilai LOM sumur <i>South</i> Sinamar-2	62
Gambar 6.7.	Hasil log TOC dan validasi sumur <i>South</i> Sinamar-2.....	63
Gambar 6.8.	Hasil <i>crossplot</i> antara nilai TOC data sampel dengan nilai TOC log sumur <i>South</i> Sinamar-2	64
Gambar 6.9.	<i>Crossplot</i> nilai sampel TOC dan AI Sinamar-1	65
Gambar 6.10.	<i>Crossplot</i> log TOC dan AI Sinamar-1	65

Gambar 6.11.	<i>Crossplot</i> nilai sampel TOC dan AI sumur <i>South Sinamar-2</i>	66
Gambar 6.12.	<i>Crossplot</i> log TOC dan log AI sumur <i>South Sinamar-2</i> ..	67
Gambar 6.13.	<i>Crossplot</i> log TOC vs log AI yang telah difilter dengan nilai setiap 10 ft sumur <i>Sinamar-1</i> dan <i>South Sinamar-2</i> .	68
Gambar 6.14.	<i>Crossplot</i> log AI vs log GR sumur <i>Sinamar-1</i> dan <i>South Sinamar-2</i>	69
Gambar 6.15.	<i>Crossplot</i> log TOC vs log GR sumur <i>Sinamar-1</i> dan <i>South Sinamar-2</i>	70
Gambar 6.16.	Pedoman skematik untuk interpretasi pada berbagai variasi dengan fitur pengamatan <i>overlay log sonic</i> dan log Resistivitas (Passey, 1990)	71
Gambar 6.17.	Hasil analisa menggunakan teknik DeltaLogR pada sumur <i>South Sinamar-2</i>	72
Gambar 6.18.	<i>Crossplot</i> AI vs TOC dengan skala warna GR. sumur <i>South Sinamar-2</i>	72
Gambar 6.19.	Pembagian interval dan <i>Crossplot</i> AI vs TOC pada Formasi <i>Upper Sangkarewang Sinamar-1</i>	73
Gambar 6.20.	<i>Crossplot</i> GR vs AI pada interval SC Formasi <i>Upper Sangkarewang Sinamar-1</i>	74
Gambar 6.21.	<i>Crossplot</i> GR vs TOC interval SA, SB, dan SC pada Formasi <i>Upper Sangkarewang Sinamar-1</i>	75
Gambar 6.22.	Kondisi log pada interval SC Formasi <i>Upper Sangkarewang</i> sumur <i>Sinamar-1</i>	76
Gambar 6.23.	Pembuatan log <i>Swave</i> sumur <i>South Sinamar-2</i>	78
Gambar 6.24.	Frekuensi log <i>Poisson Ratio</i> dan <i>Young Modulus</i> sumur <i>South Sinamar-2</i>	79
Gambar 6.25.	Pembuatan log PR, YM, dan BA sumur <i>South Sinamar-2</i> interval Formasi <i>Upper Sangkarewang</i>	80
Gambar 6.26.	<i>Plotting</i> log BI dengan sampel XRD sumur <i>South Sinamar-2</i>	81

Gambar 6.27.	Frekuensi log <i>Poisson Ratio</i> dan <i>Young Modulus</i> sumur Sinamar-1	82
Gambar 6.28.	Pembuatan log PR, YM, dan BA sumur Sinamar-1 dengan plot sampel BI _{Jarvie}	83
Gambar 6.29.	Analisis zona <i>interest</i> sumur Sinamar-1	84
Gambar 6.30.	Analisis zona <i>interest</i> sumur <i>South</i> Sinamar-2	85
Gambar 6.31.	<i>Crossplot</i> BI vs AI sumur Sinamar-1 (kiri) dan <i>South</i> Sinamar-2 (kanan)	86
Gambar 7.1.	<i>Wavelet</i> yang digunakan	87
Gambar 7.2.	<i>Well Seismic Tie</i> sumur Sinamar-1	88
Gambar 7.3.	<i>Well Seismic Tie</i> sumur <i>South</i> Sinamar-2	88
Gambar 7.4.	Polaritas dan fase yang digunakan merupakan <i>Reverse Polarity Zero Phase</i> standar SEG	89
Gambar 7.5.	Resolusi vertikal seismik	90
Gambar 7.6.	Interpreasi horizon dan struktur pada lintasan <i>arbitrary</i> ..	90
Gambar 7.7.	Interpreasi horizon dan struktur pada <i>inline</i> 1381 berarah SE-NW	91
Gambar 7.8.	Gambar 7.7. Interpreasi horizon <i>inline</i> 1381 berarah SE-NW dengan dilakukan <i>flattening</i> pada horizon Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang dan <i>Lower</i> Sangkarewang dengan lingkaran kuning menunjukkan kondisi <i>toplap</i>	92
Gambar 7.9.	Peta struktur bawah permukaan domain <i>time</i>	93
Gambar 7.10.	Peta struktur bawah permukaan domain <i>depth</i>	93
Gambar 7.11.	Peta ketebalan Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang	94
Gambar 7.12.	Model Cekungan Ombilin yang membentuk paleogeografi dan geometri Formasi Sangkarewang dan Formasi Brani. (Modifikasi dari Koesoemadinata & Matasak, 1985)	95

Gambar 7.13.	Model ilustrasi Cekungan Ombilin yang melewati sumur Sinamar-1 dan <i>South</i> Sinamar-2 yang membentuk Formasi Sangkarewang dan Formasi Brani .	96
Gambar 7.14.	Model awal yang dibuat dari sumur Sinamar-1 dan <i>South</i> Sinamar-2 dengan kontrol horizon <i>top</i> dan <i>bottom Upper</i> Sangkarewang	96
Gambar 7.15.	Analisis pra inversi sumur Sinamar-1	97
Gambar 7.16.	Analisis pra inversi sumur <i>South</i> Sinamar-1	98
Gambar 7.17.	Nilai korelasi dan <i>error</i> pada sumur Sinamar-1 dan <i>South</i> Sinamar-2	98
Gambar 7.18.	Penampang AI yang melewati sumur Sinamar-1 dan <i>South</i> Sinamar-2	99
Gambar 7.19.	Penampang AI <i>inline</i> 1385 yang melewati sumur Sinamar-1	99
Gambar 7.20.	Hasil konversi AI (atas) menjadi TOC (bawah).....	100
Gambar 7.21.	Peta penyebaran AI (kiri) dan TOC (kanan)	100
Gambar 7.22.	Hasil konversi AI (atas) menjadi BI (bawah)	102
Gambar 7.23.	Penampang BI <i>inline</i> 1385	103
Gambar 7.24.	Peta penyebaran BI rata-rata interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang	103
Gambar 7.25.	Peta penyebaran BI dengan <i>slicing</i> 20 ms diatas horizon Formasi Lower Sangkarewang	104
Gambar 7.26.	Model ilustrasi hubungan antara litologi, TOC, dan BI. (Zeng, 2016).....	106
Gambar 7.27.	Peta penyebaran rata-rata TOC dan BI dengan interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang	104
Gambar 7.28.	Skema urutan penentuan <i>sweet spot</i>	108
Gambar 7.29.	Peta penyebaran BI dan peta ketebalan inteval <i>interest</i> , kotak putih menunjukkan area <i>sweet spot</i>	108
Gambar 7.30.	Penampang BI pada area <i>sweet spot</i> yang dilakukan <i>flattening</i> pada horizon <i>Upper</i> Sangkarewang	109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Diagram Tektonostratigrafi Cekungan Ombilin (Apache Oil Sumatra Inc. 1993)	11
Tabel 3.1.	Tingkat TOC pada <i>source rock</i> (Conford, 1990)	22
Tabel 4.1.	Kelengkapan data sumur	40
Tabel 4.2.	Agenda Penelitian	50
Tabel 5.1.	Data nilai <i>Tmax</i> dan HI sumur Sinamar-1	55
Tabel 5.2.	Data nilai <i>Tmax</i> dan HI sumur <i>South</i> Sinamar-1	55
Tabel 6.1.	Data nilai TOC pada interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang pada sumur Sinamar-1	57
Tabel 6.2.	Data nilai TOC pada interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang pada sumur <i>South</i> Sinamar-2	58
Tabel 6.3.	Tabulasi data XRD sumur <i>South</i> Sinamar-2	77
Tabel 7.3.	Parameter evaluasi keberhasilan shale gas berdasarkan kriteria US. (Zheng, 2011)	105

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data mudlog sumur Sinamar-1 interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang	114
Lampiran 2.	Data mudlog sumur Sinamar-1 interval Formasi <i>Lower</i> Sangkarewang	115
Lampiran 3.	Data mudlog sumur <i>South</i> Sinamar-1 interval Formasi <i>Upper</i> Sangkarewang	116
Lampiran 4.	Data mudlog sumur <i>South</i> Sinamar-1 interval Formasi <i>Lower</i> Sangkarewang	117
Lampiran 5.	Data biostratigrafi Formasi Sangkarewang sumur Sinamar-1	118
Lampiran 6.	Data biostratigrafi Formasi Sangkarewang sumur <i>South</i> Sinamar-2	119
Lampiran 7.	Data XRD sumur <i>South</i> Sinamar-2	120