



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS POTENSI GAS HIDRAT MELALUI
INTERPRETASI DAN ATRIBUT SEISMIK PADA BLOK KGH,
CEKUNGAN SELAT MAKASSAR UTARA, SULAWESI
BARAT**

TUGAS AKHIR

**DIMAS ANAS HAKIM
21100113130081**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG
DESEMBER 2017**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS POTENSI GAS HIDRAT MELALUI
INTERPRETASI DAN ATRIBUT SEISMIK PADA BLOK KGH,
CEKUNGAN SELAT MAKASSAR UTARA, SULAWESI
BARAT**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**DIMAS ANAS HAKIM
21100113130081**

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI**

**SEMARANG
DESEMBER 2017**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Dimas Anas Hakim

NIM : 21100113130081

Departemen : Teknik Geologi

Judul Skripsi : ANALISIS POTENSI GAS HIDRAT MELALUI
INTERPRETASI DAN ATRIBUT SEISMIC PADA
BLOK KGH, CEKUNGAN SELAT MAKASSAR
UTARA, SULAWESI BARAT

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

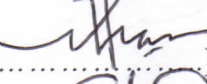
Pembimbing : Anis Kurniasih ST., MT

()

Pembimbing : Ahmad Syauqi H. ST., MT

()

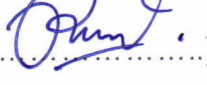
Pembimbing : Ir. Alfian Usman MT., MH

()

Penguji : Fahrudin, ST., MT

()

Penguji : Rinal Khaidar Ali, ST., M.Eng

()

Semarang, 08 Desember 2017

Ketua Departemen Teknik Geologi


Najib S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP 197710202005011001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Dimas Anas Hakim

NIM : 21100113130081

Tanda Tangan :



Tanggal : 08 Desember 2017

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dimas Anas Hakim
NIM : 21100113130081
Departemen : Teknik Geologi
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti** Noneksekutif (*None-exclusive Royalty Free Right*) Atas karya ilmiah saya yang berjudul:

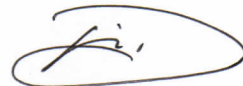
Analisis Potensi Gas Hidrat melalui Interpretasi dan Atribut Seismik pada Blok KGH, Cekungan Selat Makassar Utara, Sulawesi Barat

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada tanggal : 08 Desember 2017

Yang menyatakan



Dimas Anas Hakim
21100113130081

KATA PENGANTAR

Energi selalu menjadi isu krusial pada kehidupan manusia modern. Setiap kegiatan manusia saat ini selalu terkait dengan penggunaan energi. Kebutuhan energi saat ini masih didominasi oleh minyak dan gas bumi konvensional yang terbatas, sehingga perlu adanya sumber energi non-konvensional yang mudah didapatkan dan tersedia cukup banyak. Gas hidrat merupakan sumber hidrokarbon dengan estimasi cadangan terbesar di dunia dengan siklus pembentukan yang singkat dan distribusi yang luas, menjadikan gas hidrat cukup menarik untuk kalangan industri dan akademisi. Gas hidrat di Indonesia diperkirakan tersimpan pada kondisi sedimen laut dalam. Salah satunya adalah pada Selat Makassar.

Pada penelitian kali ini dilakukan analisis kehadiran *Bottom Simulating Reflector* dan analisis kehadiran gas hidrat pada data seismik, yang disertakan analisis data sekunder *Amplitude Variations with Offset (AVO)*, dan RMS (*stacking*) *velocity*, beserta analisis kehadiran gas hidrat pada data sumur. Diharapkan dengan adanya studi ini menjadi tahap awal studi gas hidrat di Indonesia dapat lebih berkembang dan tidak lagi menjadi hal baru. Sehingga studi dalam mencapai tujuan kemandirian energi di Indonesia dapat tercapai.

Semarang, 08 Desember 2017

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan kasih-Nya sehingga penyusunan karya tulis berupa Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Potensi Gas Hidrat melalui Interpretasi dan Atribut Seismik pada Blok KGH, Cekungan Selat Makassar Utara, Sulawesi Barat” dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan karya tulis ini, antara lain:

1. Bapak Najib ST., M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro.
2. Ibu Anis Kurniasih ST., MT dan Bapak Ahmad Syauqi Hidayatillah ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan, kritik dan saran, dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Alfian Usman MT., MH selaku pembimbing dari pihak Pertamina UTC yang sudah membimbing, memberikan kritik, saran serta nasihat selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Wahyu Triyoso ST., M.Sc selaku dosen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Bandung yang sudah membantu dan memberikan banyak diskusi serta wawasan baru dalam masalah seismik.
5. Ibu Istiqomah Ari Kusuma ST., MT dan Bapak Ir. Edi Bambang Setyobudi selaku dosen Departemen Teknik Geologi yang telah banyak membimbing selama berlangsungnya tugas akhir.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro yang sudah memberikan banyak ilmu dan bimbingan sejak awal saya kuliah.
7. Andre Sipayung S.T, Mas Fitrah S.Si, M.Sc, Mas Hanif S.T, Mba Shabrina Paramita S.T, Mba Dinda Lestari S.T, dan Mas Lucki Kriski, S.Si yang merupakan teman-teman satu pembimbing di Pertamina UTC dan teman diskusi dari pihak konsultan geofisika, serta staf Pertamina UTC yang membantu diskusi selama tugas akhir.

8. Kedua orang tua tercinta, Ayah Sri Mulyono Hidayatullah dan Ibu Rusmini S.Pd., M.M., yang selalu memberikan dukungan moral, materil, serta doa.
9. Nenek saya, Suharingah dan Kakak - kakak saya, Puspita Lystiani S.H., dan Gita Mutiara S.I.Kom., beserta keluarga besar yang telah memberikan dukungan moral, semangat, serta doa.
10. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Geologi “Magmadipa”.
11. Keluarga Teknik Geologi Angkatan 2013 yang telah memberikan banyak pengalaman, perhatian, kritik, serta saran.
12. Annisa Rahmayanti S.K.M., Dina Amalia, Filza Falori, Muhammad Rifaldy, Reggia Aldiana S.T., Rizki Aprilla, Qodly Zaka, dan kerabat dekat masa SMA yang masih terus mendukung, mendoakan, menjaga silaturahmi dan memotivasi.
13. Fariz Azhar, Lutfi Andhika S.T., Annisa Liputari, Eka Ayu Lestari S.T., dan kerabat dekat masa SMP yang masih menjaga silaturahmi, mendoakan dan memotivasi.
14. Teman-teman Markas Gondang Timur 2 nomor 11 yang banyak menolong, memperhatikan, dan direpotkan selama saya kuliah di Universitas Diponegoro.
15. Pihak-pihak lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat.

Semarang, 08 Desember 2017

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kepada kedua orangtua, yang selalu mendoakan melebihi doa yang telah ku
panjatkan pada Allah.

Kepada kedua orangtua, yang selalu bersabar, mengerti dan percaya atas ku
melebihi diriku sendiri

Tugas akhir ini kupersembahkan.

*“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, maka apabila engkau telah
selesai (dari suatu urusan) tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan
hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”
(Q.S Al Insyirah, 6-8)*

*“Tidak baik orang yang meninggalkan dunia untuk kepentingan akhirat saja, atau
meninggalkan akhirat untuk kepentingan dunia saja, tetapi harus memperoleh
kedua-duanya. Karena kehidupan dunia mengantarkan kamu menuju akhirat.
Oleh karena itu jangan sekali-kali menjadi beban orang lain.”
(H.R Ibnu Asakir)*

SARI

Gas hidrat merupakan sistem gas dalam fase padat yang ditemukan pada sedimen di *permafrost* dan *continental margin*, dengan kondisi kestabilan pada suhu rendah dan tekanan tinggi. Faktor menarik lain dari gas hidrat adalah siklus pembentukannya yang relatif singkat, keterdapatannya pada seluruh belahan dunia, serta pengembangan volume metana yang dihasilkan pada kondisi standar dapat sebesar 163 - 164 kali lipat lebih besar dibandingkan metana *in situ*. Sehingga, studi gas hidrat dapat dimulai dengan analisis karakteristik gas hidrat pada data sumur maupun data seismik untuk mengetahui estimasi sumberdaya yang ada dan kondisi geologi pembentukannya.

Kehadiran *Bottom Simulating Reflector* (BSR) dapat dianalisis dengan analisis kualitatif pada data seismik Blok KGH yang bersifat *post stack migration*. Ekstraksi atribut seismik dilakukan untuk memperkuat analisis kehadiran BSR, yang kemudian didukung kualitatif sumur ANM-1 dan data sekunder berupa analisis AVO dan *velocity*. Atribut yang digunakan terkait dengan waktu adalah *instantaneous phase* dan *cosine of phase*, dan atribut terkait dengan amplitudo adalah RMS amplitudo dan *trace gradient*, serta impedansi akustik (AI) relatif untuk menunjukkan anomali AI.

Berdasarkan analisis yang dilakukan didapatkan bahwa kehadiran BSR sangat mudah teramati melalui citra penampang seismik normal dan *multi*-atribut. Kehadiran BSR sebagai indikator gas hidrat menjadi dasar pembuatan *horizon* BSR dan peta struktur waktu agar dapat dilakukan ekstraksi atribut seismik permukaan dan menghasilkan peta struktur waktu anomali. Melalui perhitungan luas area anomali pada Blok KGH didapatkan luas area potensi gas hidrat adalah 407.476.500 m². Selain itu melalui analisis kualitatif data sumur ANM-1 didapatkan kehadiran gas hidrat sangat muncul pada log resistivitas. Kondisi pembentukan gas hidrat berdasarkan persebarannya diinterpretasikan berhubungan dengan terdapatnya batuan induk pada Cekungan Selat Makassar Utara, yang menghasilkan gas hidrokarbon dan bermigrasi melalui sesar dan lipatan akibat tatanan kompresi. Selain itu, kondisi laut dalam mempengaruhi saturasi air, suhu, dan tekanan yang mendukung pembentukan gas hidrat.

Kata Kunci : Gas Hidrat, *Bottom Simulating Reflector*, Atribut Seismik, Peta Struktur Waktu, Cekungan Selat Makassar Utara, Blok KGH.

ABSTRACT

Gas hydrate is a gas system in solid phase that can be found in permafrost sediment and continental margin sediment in stable condition within low temperature and high pressure. Another interesting factor of gas hydrate are the forming cycle that relatively short, the distribution around the world, and the expansion of standard condition methane volume which can contain up to 163 to 164 than methane in place. Thus, study of gas hydrate gas can be started by analysis characteristic of gas hydrate from well and seismic data to estimated the resources and determine the geological conditions of the generation.

The presence of Bottom Simulating Reflector (BSR) can be analyzed by qualitative analysis of post-stack migration seismic data from KGH Block. Seismic attribute extraction is performed to strengthen the BSR appearance analysis, and supporting by qualitative analysis of wireline log from ANM-1 well and secondary data with AVO analysis and velocity analysis. The attributes used are related to time are instantaneous phase and cosine of phase, and attributes related to amplitude are RMS amplitude and trace gradient, and relative acoustic impedance (AI) to indicate an AI anomaly.

Based on data analysis, the presence of BSR are really observed through normal and multi-attribute seismic sections image. The presence of BSR as an indicator of gas hydrate becomes the basis for BSR horizon interpretation and the basic time structure map for the extraction of surface seismic attributes and time structure map of anomaly. Calculation of anomaly area from Blok KGH result, shows that the potential area was 407.476.500 m². In addition, through qualitative analysis of ANM-1 well data found the presence of gas hydrate obtained in resistivity log. The condition of gas hydrate generation based on the distribution is interpreted to be related to the presence of the source rock in the North Makassar Strait Basin which produces hydrocarbon gas, and migrate through the fault and fold due to the compression setting. Furthermore, deep ocean conditions affect water saturation, temperature, and pressure that support gas hydrate generation.

Keywords: *Gas Hydrate, Bottom Simulating Reflector, Seismic Attribute, Time Structure Map, North Makassar Strait Basin, KGH Block.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ix
SARI	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR ISTILAH	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Masalah Penelitian.....	3
I.3 Maksud dan Tujuan	3
I.3.1 Maksud	3
I.3.2 Tujuan.....	3
I.4 Batasan Masalah	4
I.5 Lokasi dan Waktu Tugas Akhir	4
I.5.1 Lokasi	4
I.5.2 Waktu	5
I.6 Penelitian Terdahulu.....	5
I.7 Sistematika Penulisan Laporan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
II.1 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	9
II.1.1 Cekungan Selat Makassar Utara	9
II.2 Dasar Teori	18
II.2.1 Sejarah Gas Hidrat	18
II.2.2 Struktur Gas Hidrat	19
II.2.3 Pembentukan Gas Hidrat.....	21
II.3 Lokasi Zona Gas Hidrat.....	22
II.4 Seismik Refleksi	25
II.4.1 Hukum Dasar Seismik.....	26
II.4.2 Tahapan Metode Seismik	26
II.4.3 Komponen Seismik Refleksi.....	27
II.4.4 Metode relative AI.....	30
II.4.5 Seismik Atribut	31
II.5 <i>Amplitude Variations with Offset (AVO)</i>	33

II.6	Indikator Gas Hidrat	35
II.6.1	Indikator Geologi	35
II.6.2	Indikator Geofisika.....	44
II.7	Gas Hidrat pada Data Rekaman Pengeboran.....	50
BAB III	METODOLOGI.....	53
III.1	Tahapan Penelitian.....	53
III.1.1	Tahapan Pendahuluan	53
III.1.2	Tahapan Pengumpulan Data	53
III.1.3	Tahapan Pengolahan dan Analisis Data.....	55
III.1.4	Tahap Interpretasi	57
III.2	Diagram Alir Penelitian	58
III.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	60
III.3.1	Alat.....	60
III.3.2	Bahan	60
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	62
IV.1	<i>Bottom Simulating Reflector</i>	62
IV.2	Atribut Seismik.....	64
IV.2.1	Atribut Seismik <i>Instantaneous Phase</i>	64
IV.2.2	Atribut Seismik <i>Cosine of Phase</i>	65
IV.2.3	Atribut Seismik <i>Trace Gradient</i>	66
IV.2.4	Atribut Seismik RMS Amplitudo	67
IV.2.5	Impedansi Akustik Relatif	67
IV.3	Analisis Penampang Seismik melalui pendekatan AVO.....	68
IV.4	Analisis RMS (<i>Stacking</i>) <i>Velocity</i>	71
IV.5	Analisis Kualitatif Data Sumur.....	74
IV.6	Analisis Sumber Daya Gas Hidrat	77
IV.7	Analisis Kondisi Geologi.....	81
BAB V	PENUTUP	85
V.1	Kesimpulan	85
V.2	Saran	86

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Distribusi organik karbon di dunia dengan estimasi gas hidrat sebagai yang terbesar dan dua kali lebih besar dari energi konvensional (Kvenvolden, 1998).	1
Gambar 1.2	Distribusi akumulasi gas hidrat yang diketahui (Dewan Akademi Kanada untuk Gas Hidrat, 2008), berdasarkan data Kvenvolden and Rogers (2005).	2
Gambar 1.3	Wilayah lapangan hidrokarbon pada Selat Makassar (Fraser dkk., 2003)	5
Gambar 2.1	Elemen struktur mayor pada bagian timur <i>Sundaland</i> , termasuk Kalimantan Timur, Selat Makassar, dan Sulawesi Barat (Satyana dkk., 2012).....	10
Gambar 2.2	Rekonstruksi kondisi paleogeografi dari Asia Tenggara, terfokus pada sekitar Sulawesi (Hall, 2002)	10
Gambar 2.3	Peta perkiraan kedalaman batuan dasar (Moss dan Chambers, 1999)	11
Gambar 2.4	Peta tektonik dan pembagian kondisi geologi Sulawesi (Silver dkk., 1983; Sukanto dan Simanjuntak, 1983; Simanjuntak, 1987; Parkinson, 1996, 1998, dalam Pertamina, 2014)	12
Gambar 2.5	Perbedaan perkembangan struktur pada bagian utara dan selatan bagian Sulawesi Selatan, bagian utara didominasi oleh tatanan kompresi, sedangkan selatan oleh ekstensi (Pertamina, 2014)	13
Gambar 2.6	Paleogeografi Selat Makassar Utara pada Akhir Eosen (Wilson dan Moss, 1999 modifikasi Fraser dkk., 2003).....	15
Gambar 2.7	Paleogeografi Selat Makassar Utara pada Pliosen (Fraser dkk., 2003 berdasarkan Moss dan Wilson, 1999)	16
Gambar 2.8	Tektono-stratigrafi Selat Makassar bagian Barat dan Timur, perbedaan susunan akan berimplikasi pada sistem hidrokarbon (Bacheller III dkk., 2011)	17
Gambar 2.9	Struktur <i>clathrate</i> dari gas hidrat, struktur tipe I (atas) memiliki tubuh utama pada pusat kubus, dengan 8 rongga utama yang dapat diisi gas, dan 46 molekul air. Struktur II (tengah): memiliki 24 rongga yang dapat diisi gas dan 136 molekul air. Struktur H (bawah): memiliki 6 rongga yang dapat diisi gas dan 34 molekul air. (Sloan 1998; Hardage dan Roberts 2006, dalam Thakur dan Rajput, 2011).	20
Gambar 2.10	Kemungkinan pembentukan konsentrasi gas hidrat dalam sedimen laut dalam (Brooks dkk., 1986)	22
Gambar 2.11	Variasi endapan gas hidrat dalam perbedaan bentuk dan ukuran yang terobservasi pada sumur pengeboran di Blake Ridge (Shipboard Scientific Party, 1965, dalam Thakur dan Rajput, 2011).....	23

Gambar 2.12	Hubungan temperatur dengan kedalaman dan zona stabilitas gas hidrat pada permafrost dan laut (http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/harrison1/ dalam Thakur dan Rajput, 2016).....	24
Gambar 2.13	Kondisi stabilitas gas hidrat (a) zona stabil pada sedimen bawah laut (b) kurva suhu vs tekanan untuk kondisi stabil gas (variatif) (Thakur dan Rajput, 2016).....	24
Gambar 2.14	Gelombang P dan S seismik (http://academic.brooklyn.cuny.edu/geology)	25
Gambar 2.15	Jenis fase: (a) fasa minimum, (b) fasa campuran, (c) fasa maksimum dan (d) fasa nol (Sukmono, 1999).....	28
Gambar 2.16	Polaritas normal dan terbalik seismik menurut SEG (Sukmono, 1999).....	29
Gambar 2.17	Perbedaan relatif AI dengan absolut AI hasil inversi seismik. AI absolut memiliki model frekuensi rendah yang harus diperoleh dari data lubang bor atau dimodelkan dengan cara lain (Schlumberger, 2008).....	31
Gambar 2.18	Pembagian klasifikasi atribut seismik (Brown, 2000)	32
Gambar 2.19	Klasifikasi AVO (Rutherford dan William 1989, dimodifikasi oleh Castagna, 1998).....	34
Gambar 2.20	Sketsa perubahan impedansi akustik (BSR) dan penyebabnya, skala temperatur menunjukkan salah satu indikasi perbedaan sebab dan proses (Brendt dkk., 2004)	36
Gambar 2.21	Bagan alir mengidentifikasi gas hidrat (Pertamina, 2014).....	37
Gambar 2.22	BSR Tipe Punggungan ; A) BSR pada Struktur Antiklinal, B) BSR pada Struktur Antiklin Tertimbun, C) BSR pada Struktur <i>Footwall</i> Naik, D) BSR pada Struktur Punggungan Naik (Lin dkk., 2009)	39
Gambar 2.23	BSR Tipe Cekungan dan model suplai gas bebas yang mendukung pembentukan gas hidrat; A) Tipe Batas Cekungan, B) Tipe Dalam Cekungan (Lin dkk., 2009)	40
Gambar 2.24	BSR Tipe Tebing Bawah Laut; A) Tipe Dasar Tebing, B) Tipe Batas Tebing (Lin dkk, 2009)	40
Gambar 2.25	BSR Tipe <i>Continental Slope</i> ; A) Tipe <i>Slope-Ridge</i> , B) Tipe <i>Slope-Trough</i> , C) Tipe <i>Slope Front</i> , D) Tipe <i>Erosional-Ridge</i> , D) Tipe <i>Distal-Slope</i> (Lin dkk., 2009 dengan modifikasi dalam Thakur dan Rajput, 2011)	41
Gambar 2.26	Contoh BSR Tunggal dan Ganda dari Grand Canyon, <i>Gulf Mexico</i> . Akumulasi sedimen di area ini menyebabkan pengangkatan seismik seperti struktur yang ditunjukkan dengan garis putus-putus (Thakur dan Rajput, 2011)	42
Gambar 2.27	Ilustrasi migrasi gas hidrat mengalami rembesan ke permukaan sehingga membentuk gelembung gas metana (Thakur dan Rajput, 2011)	43

Gambar 2.28	Skema yang menggambarkan gas hidrat dihubungkan dengan model diapir. Gas tersebut terjebak oleh kubah pada sedimen gas hidrat yang tersemenkan (Thakur dan Rajput, 2011)	44
Gambar 2.29	Contoh data riil gas hidrat yang berkorelasi dengan struktur diapir lumpur dari bagian selatan palung Okinawa. Profil ini memperlihatkan diapir lumpur. (Ning dkk., 2009)	44
Gambar 2.30	Contoh dari seismik <i>chimney</i> dari data <i>Gulf</i> Meksiko, fitur ini makin menghilang ke arah permukaan dasar laut (Thakur dan Rajput, 2011)	45
Gambar 2.31	Contoh data seismik yang menunjukkan adanya <i>blanking</i> amplitudo seismik yang berkorelasi dengan kehadiran gas hidrat (Thakur dan Rajput, 2011)	45
Gambar 2.32	Contoh data riil dari lepas pantai cekungan Green Canyon (<i>Gulf of Mexico</i> , Amerika Serikat). <i>Single</i> dan <i>double</i> BSR dapat diamati pada penampang tersebut. BSR yang lemah juga teramati sebagai akibat dari migrasi gas ke atas melewati zona sesar (Thakur dan Rajput, 2011)	46
Gambar 2.33	Contoh data sintetik dari model sebenarnya (Model Green Canyon), Fitur yang berasosiasi dengan hidrat tersebut antara lain adalah <i>enhanced seismic reflection</i> di bawah BSR (Thakur dan Rajput, 2011)	46
Gambar 2.34	Interpretasi penampang seismik (Thakur dan Rajput, 2011) ...	48
Gambar 2.35	Pengajuan <i>double</i> BSR model dan hubungannya dengan kecepatan gelombang P yang menunjukkan lapisan konsentrasi gas hidrat (GHZ) dan gas bebas (FGZ) (Thakur dan Rajput, 2011)	49
Gambar 2.36	Akuisisi seismik konvensional, titik merah merupakan titik tembak, hijau merupakan <i>receiver</i> , lapisan 1 menjelaskan kolom air, lapisan 2 menjelaskan sedimen, lapisan 3 lapisan gas hidrat dan lapisan 4 menjelaskan lapisan <i>free gas</i> , dengan lapisan 5 dan 6 merupakan sedimen (Thakur dan Rajput, 2011)	50
Gambar 2.37	Data rekaman pengeboran sumur ‘Tokai-oki to Kumano-nada’ yang menunjukkan lapisan gas hidrat pada sedimen turbidit dengan karakteristik utama ditunjukkan oleh log resistivitas, meski data log RHOB (densitas) juga menunjukkan kenaikan pada lapisan gas hidrat (Tim konsorsium Jepang untuk gas hidrat, 2008)	51
Gambar 2.38	Korelasi data pengeboran dengan <i>picking horizon</i> BSR pada salah satu <i>channel</i> , menunjukkan zona konsentrasi gas hidrat (Tim konsorsium Jepang untuk gas hidrat, 2008)	52
Gambar 3.1	Tampilan jendela peta pada perangkat lunak Petrel 2013 yang menunjukkan kubus seismik dengan lokasi sumur ANM-1 pada Blok KGH.....	54

Gambar 3.2	Informasi statistik kubus seismik 3D Blok KGH pada perangkat lunak Petrel 2013, jumlah <i>trace line</i> seismik sebanyak 3807 <i>inline</i> , dan 6017 <i>crossline</i>	54
Gambar 3.3	Diagram alir penelitian.....	59
Gambar 4.1	Analisis AVO pada penampang <i>Far Stack</i> salah satu <i>line</i> seismik blok KGH (Pertamina, 2014).....	69
Gambar 4.2	Analisis AVO pada penampang <i>Near Stack</i> salah satu <i>line</i> seismik blok KGH (Pertamina, 2014).....	69
Gambar 4.3	Identifikasi keberadaan gas menggunakan metode <i>Far Stack – Near Stack</i> menunjukkan hasil negatif (Pertamina, 2014).....	69
Gambar 4.4	Identifikasi keberadaan gas menggunakan metode <i>Far Stack – Near Stack</i> untuk identifikasi gas dan kelas AVO (Pertamina, 2014)	70
Gambar 4.5	Identifikasi keberadaan gas menggunakan metode <i>Far Stack – Near Stack</i> (Pertamina, 2014)	70
Gambar 4.6	Penampang RMS kecepatan interval <i>crossline</i> 6999 (Pertamina, 2014).....	72
Gambar 4.7	Spektrum kecepatan gelombang P shotpoint 2838 pada Jackson (2004) pada salah satu penampang seismik di Cekungan Selat Makassar menunjukkan nilai kecepatan yang naik, kemudian turun pada kedalaman ~300 m dari dasar laut disertai kehadiran reflektor kuat. Panah menunjukkan dasar laut.....	73
Gambar 4.8	Spektrum kecepatan gelombang P shotpoint 3736 pada Jackson (2004) pada salah satu penampang seismik di Cekungan Selat Makassar menunjukkan nilai kecepatan yang naik, kemudian turun.drastis pada kedalaman ~300 m dari dasar laut disertai kehadiran reflektor kuat. Panah menunjukkan dasar laut.....	73
Gambar 4.9	Analisis kecepatan gelombang S dan P untuk analisis keberadaan gas hidrat, pada gelombang S kehadiran gas bebas tidak terlalu terbaca, sedangkan kontras nilai kecepatan gelombang P dan S pada kedalaman dangkal mengindikasikan kehadiran hidrat (Thakur dan Rajput, 2011).....	74
Gambar 4.10	Data rekaman pengeboran sumur ANM-1 pada Blok KGH dalam perangkat lunak Hampson-Russell, beberapa indikator menunjukkan zona prospek reservoir dan indikator hidrokarbon	75
Gambar 4.11	Data rekaman pengeboran sumur ANM-1 pada Blok KGH dalam perangkat lunak Hampson-Russell, zona resistivitas tinggi diidentifikasi sebagai adanya kemungkinan hidrokarbon, zona berwarna kuning diinterpretasikan sebagai zona gas hidrat pada rekaman pengeboran.....	76
Gambar 4.12	Pengajuan model BSR dan hubungannya dengan kecepatan gelombang P yang menunjukkan lapisan konsentrasi gas hidrat (GHZ) dan gas bebas (FGZ) (Thakur dan Rajput, 2011).....	77

Gambar 4.13	38 <i>inline</i> dan 60 <i>crossline</i> (interval 100 dari ketersediaan data) yang dilakukan <i>picking</i> interpretasi <i>horizon</i> BSR pada kubus seismik Blok KGH	78
Gambar 4.14	Peta struktur waktu Blok KGH berdasarkan interpretasi <i>horizon</i> BSR pada 38 <i>inline</i> seismik dan 60 <i>crossline</i> dengan <i>grid</i> 50x50 pada perangkat lunak Petrel 2013.....	78
Gambar 4.15	Peta struktur waktu yang telah dilakukan ekstraksi atribut permukaan RMS amplitudo untuk memetakan daerah anomali dengan warna kebiruan	79
Gambar 4.16	Peta struktur waktu yang telah dilakukan ekstraksi atribut permukaan RMS amplitudo, warna putih merupakan interpretasi zona kumpulan anomali nilai amplitudo atau BSR (potensi gas hidrat).....	79
Gambar 4.17	Validasi peta anomali dengan penampang seismik hasil atribut RMS amplitudo <i>inline</i> 4082.....	80
Gambar 4.18	Validasi peta anomali dengan penampang seismik hasil atribut Relative AI <i>crossline</i> 6323.....	80
Gambar 4.19	Penampang seismik hasil atribut RMS amplitudo <i>inline</i> 3882, anomali amplitudo tinggi yang berasosiasi dengan lipatan antiklin.....	81
Gambar 4.20	Salah satu penampang seismik pada <i>fold belt</i> Sulawesi Barat, Cekungan Selat Makassar Utara yang menunjukkan kehadiran BSR dengan interpretasi kondisi batas stratigrafi dan sesar (Fraser dkk., 2003)	82
Gambar 4.21	Kurva stabilitas metana hidrat, panah merupakan zona stabilitas gas hidrat pada lingkungan laut, kondisi tersebut yang mungkin sedang terjadi pada lingkungan laut dalam, Cekungan Selat Makassar Utara (Kvenvolden, 1993)	83
Gambar 4.22	<i>Event</i> sistem minyak bumi lepas pantai Sulawesi Barat, Cekungan Selat Makassar Utara (terbukti dan potensi) (Satyana dkk., 2012)	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Waktu pelaksanaan Tugas Akhir	5
Tabel 1.2	Penelitian terdahulu gas hidrat di Cekungan Selat Makassar Utara, Sulawesi Barat	6
Tabel 2.1	Tipe data seismik dan aplikasi untuk identifikasi gas hidrat (Thakur dan Rajput, 2011).....	37
Tabel 2.2	Parameter lapisan gas hidrat (Thakur dan Rajput, 2011)	49
Tabel 3.1	Ketersediaan dan jenis data penelitian.....	55
Tabel 4.1	Perkiraan luas area sumber daya Gas Hidrat Blok KGH.....	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>inline</i> 4282 pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	95
Lampiran 2	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>crossline</i> 6523 pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	96
Lampiran 3	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>inline</i> 4282 hasil ekstraksi atribut <i>instantaneous phase</i> pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	97
Lampiran 4	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>crossline</i> 6523 hasil ekstraksi atribut <i>instantaneous phase</i> pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	98
Lampiran 5	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>inline</i> 4282 hasil ekstraksi atribut <i>cosine of phase</i> pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	99
Lampiran 6	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>crossline</i> 6523 hasil ekstraksi atribut <i>cosine of phase</i> pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	100
Lampiran 7	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>inline</i> 4282 hasil ekstraksi atribut <i>Trace Gradient</i> pada perangkat lunak Petrel, panah kuning menunjukkan BSR, panah oranye diinterpretasikan sebagai batas sikuen.....	101
Lampiran 8	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>crossline</i> 6523 hasil ekstraksi atribut <i>Trace Gradient</i> pada perangkat lunak Petrel, panah kuning menunjukkan BSR, panah oranye diinterpretasikan sebagai batas sikuen.....	102
Lampiran 9	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>inline</i> 4282 hasil ekstraksi atribut RMS Amplitude pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	103
Lampiran 10	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>crossline</i> 6523 hasil ekstraksi atribut RMS Amplitude pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	104
Lampiran 11	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>inline</i> 4282 hasil ekstraksi atribut <i>Relative AI</i> pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR	105
Lampiran 12	Penampang seismik 2D Blok KGH <i>crossline</i> 6523 hasil ekstraksi atribut <i>Relative AI</i> pada perangkat lunak Petrel, panah menunjukkan BSR.....	106
Lampiran 13	Penampang seismik <i>crossline</i> 3523 didekat sumur ANM-1, lingkaran kuning menunjukkan lokasi Sumur ANM-1, kotak kuning perkiraan lokasi sumur ANM-1	107

DAFTAR ISTILAH

AI	: <i>Acoustic Impedance</i> (Impedansi Akustik) merupakan kemampuan batuan untuk melewatkan gelombang, merupakan produk dari densitas dan kecepatan gelombang primer.
AVO	: <i>Amplitude Versus Offset</i> atau <i>Amplitude Variations with Offset</i> , yaitu melihat perubahan atau variasi refleksi amplitudo seismik dengan perubahan jarak antara <i>shotpoint</i> dan <i>receiver</i> yang mengindikasikan perbedaan litologi dan kandungan fluida pada batuan di atas dan di bawah reflektor.
Atribut Seismik	: Pengukuran spesifik dari geometri, dinamika, kinematika dan juga analisis statistik (matematis) yang diturunkan dari data seismik. Atribut seismik terbagi menjadi atribut berdasarkan waktu, amplitudo, frekuensi, dan atenuasi.
BSR	: <i>Bottom Simulating Reflector</i> , yaitu suatu refleksi kuat pada seismik yang cenderung sejajar dengan topografi dasar laut akibat adanya kontras impedansi akustik pada sedimen yang mungkin disebabkan oleh keterdapatannya gas hidrat ataupun transisi opal.
<i>Check-shot</i>	: Sebuah jenis data seismik lubang bor yang dirancang untuk mengukur waktu tempuh seismik dari permukaan terhadap kedalaman yang diketahui (konversi waktu terhadap kedalaman).
<i>Clathrate</i>	: Padatan berbasis kristal air yang secara fisik menyerupai es, yang mana molekul non-polar kecil (umumnya gas) atau molekul polar dengan bagian hidrofobik besar terjebak di dalam "sangkar" molekul air yang terikat hidrogen.

<i>Cosine of Phase</i>	: Persamaan matematis (<i>cosine</i>) dari kompleks <i>phase</i> sebagai representatif dan analisis fungsi terkait data waktu.
EI	: <i>Elastic Impedance</i> (Impedansi Elastik) adalah generalisasi impedansi akustik dari beberapa sudut datang.
<i>Far Stack</i>	: Kombinasi <i>trace</i> seismik yang sudut datang besar (sekitar 30-45°). Digunakan dalam studi variasi amplitudo dengan offset (AVO) untuk membandingkan dengan sudut datang kecil.
<i>Instantaneous Phase</i>	: Persamaan matematis dari kompleks <i>phase</i> sebagai representatif dan analisis fungsi terkait data waktu yang bersifat lokal.
<i>Near Stack</i>	: Kombinasi <i>trace</i> seismik yang sudut datang kecil (sekitar 0-15°). Digunakan dalam studi variasi amplitudo dengan offset (AVO) untuk membandingkan dengan sudut datang besar.
<i>Noise</i>	: Gangguan atau gelombang yang tidak diinginkan pada rekaman seismik, <i>noise</i> terbagi menjadi <i>noise</i> koheren (seperti amplitudo kuat frekuensi rendah, gelombang langsung, <i>noise</i> kabel, tegangan listrik, serta multiple) dan <i>noise</i> acak <i>ambient</i> (seperti gelombang laut, angin, kendaraan yang lewat dan lainnya).
<i>Phase</i>	: Fasa seismik, yaitu Gambaran gerak, atau alat perbandingan, gelombang periodik seperti gelombang seismik. Gelombang yang memiliki bentuk, simetri dan frekuensi yang sama dan yang mencapai nilai maksimum dan minimum secara simultan berada dalam fase, dengan unit adalah derajat.

- Post-Stack Migration* : Dalam karya tulis ini yang dimaksudkan merupakan *Post-Stack Time Migration*. Migrasi data seismik adalah suatu proses pengolahan data seismik yang bertujuan untuk memetakan *event-event* seismik pada posisi yang sebenarnya. Pengolahan data seismik secara umum dibagi menjadi 4 kategori utama, yaitu memperbesar sudut kemiringan, memperpendek reflektor, memindahkan reflektor ke arah up dip, dan memperbaiki resolusi lateral. Sehingga data seismik bersifat *Post-Stack Time Migration* adalah *event* seismik yang sudah dilakukan pengolahan tersebut.
- Pre-Stack Migration* : Dalam karya tulis ini yang dimaksudkan merupakan *Pre-Stack Time Migration*, yaitu teknik migrasi data seismik yang diterapkan sebelum proses *stacking*. Dibandingkan dengan *Post Stack Time Migration*, *Pre Stack Time Migration* memberikan hasil yang lebih baik terutama untuk didalam pencitraan struktur yang cukup kompleks.
- Receiver* : Penerima gelombang seismik
- Relative AI* : Metode melihat nilai impedansi akustik secara relatif sebagai indikator keterdapatn nilai impedansi akustik yang mencolok diatas rata-rata.
- RMS (Stacking) Velocity* : Nilai dari akar kuadrat dari jumlah kuadrat dari nilai kecepatan dibagi dengan jumlah nilai, dilambangkan dengan V_{rms} . Kecepatan akar-mean-kuadrat adalah gelombang yang menembus lapisan bawah permukaan dengan kecepatan interval yang berbeda sepanjang *raypath* tertentu, dan biasanya beberapa persen lebih tinggi dari kecepatan rata-rata.
- RMS Amplitudo* : Nilai dari akar kuadrat dari jumlah kuadrat dari nilai amplitudo dibagi dengan jumlah nilai. Atribut RMS

dengan demikian menekankan variasi impedansi akustik pada interval sampel yang dipilih. Umumnya semakin tinggi variasi impedansi akustik dari litologi bertumpuk (dengan ketebalan tempat tidur di atas resolusi seismik) semakin tinggi nilai RMS amplitudonya. Umum digunakan dalam mencari litologi dengan porositas tinggi.

- Seismik Chimney* : Kebocoran gas di bawah permukaan dari akumulasi hidrokarbon yang tidak tertutup atau tersegel dengan baik. Gas bisa menyebabkan batuan atasnya memiliki kecepatan rendah. Jalur kebocoran gas terlihat dalam data seismik sebagai daerah dengan kualitas data yang buruk atau adanya *push down*.
- Shotpoint* : Titik tembak atau titik pelepasan gelombang seismik
- Trace* : Merupakan hasil konklusi sederhana atau produk dari konvolusi wavelet dengan reflektivitas bumi, dan ditambah dengan *noise*.
- Wavelet* : Merupakan kumpulan dari sejumlah gelombang harmonik yang memiliki amplitudo, frekuensi dan fasa tertentu.