

**IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK *SHALLOW GAS* DENGAN  
MENGUNAKAN ATRIBUT SEISMIK DAN *AMPLITUDE  
VARIATION WITH OFFSET (AVO)***

**Studi Kasus: Lapangan “Namamu”, Cekungan Asri**

**SKRIPSI**



**oleh:  
ZUHROTUL FIRDAUS  
125090702111005**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**



**IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK *SHALLOW GAS* DENGAN  
MENGUNAKAN ATRIBUT SEISMIK DAN *AMPLITUDE  
VARIATION WITH OFFSET (AVO)***

**Studi Kasus: Lapangan “Namamu”, Cekungan Asri**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam Bidang Fisika



oleh:  
**ZUHROTUL FIRDAUS**  
**125090702111005**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2018**

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK *SHALLOW GAS* DENGAN  
MENGUNAKAN ATRIBUT SEISMIK DAN *AMPLITUDE  
VARIATION WITH OFFSET* (AVO)**

**Studi Kasus: Lapangan “Namamu”, Cekungan Asri**

oleh :  
**ZUHROTUL FIRDAUS**  
**125090702111005**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
pada tanggal.....  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Sains dalam bidang Fisika

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. Alamsyah M. Juwono, M.Sc., Ph.D**  
**NIP. 1960 0421 1988 021 001**

**Dwandari Ralanarko, S.T.**  
**NIK. 115426**

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Prof. Dr. Muhammad Nurhuda, Rer. Nat**  
**NIP. 1964 0910 1990 021 001**

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



**LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ZUHROTUL FIRDAUS  
NIM : 125090702111005  
Jurusan : Fisika  
Penulisan Skripsi berjudul :

**IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK *SHALLOW GAS* DENGAN  
MENGUNAKAN ATRIBUT SEISMIK DAN *AMPLITUDE  
VARIATION WITH OFFSET (AVO)*  
Studi Kasus: Lapangan “Namamu”, Cekungan Asri**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam daftar pustaka skripsi ini, semata-mata hanya digunakan sebagai acuan/referensi.
2. Apabila dikemudian hari diketahui bahwa isi skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, .....  
Yang menyatakan,

(ZUHROTUL FIRDAUS)  
NIM. 125090702111005

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**





repository.ub.ac.id

# IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK *SHALLOW GAS* DENGAN MENGUNAKAN ATRIBUT SEISMIK DAN *AMPLITUDE VARIATION WITH OFFSET (AVO)*

Studi Kasus: Lapangan “Namamu”, Cekungan Asri

## ABSTRAK

*Shallow gas* dahulunya dikenal sebagai *geohazard* yang dihindari saat proses pengeboran berlangsung karena dapat menyebabkan *blow out*. Namun seiring dengan perkembangan teknologi tentang *unconventional resources*, saat ini *shallow biogenic gas* merupakan salah satu cadangan gas baru yang dapat dieksplorasi dan dieksploitasi.

Tujuan penelitian yaitu untuk memetakan distribusi *shallow gas* di lapangan Namamu, menghitung volumetrik potensi *shallow gas*, dan menentukan zona prospek *shallow gas*. Penelitian ini memiliki beberapa tantangan dimana keberadaan *shallow gas (petroleum system)* berbeda dengan area prospek gas pada umumnya, area gas pada lapangan ini sangat minim data dan tidak terdapat data *well log*, selain itu perhitungan volumetrik sangat diperlukan untuk menentukan prospek tidaknya cadangan *shallow gas* di lapangan Namamu. Dengan demikian maka, diasumsikan bahwa kualitas reservoir pada daerah penelitian memiliki kemiripan dengan data sumur S-01, serta data geokimia pada sumur C-23 dapat merepresentasikan *shallow biogenic gas* di lapangan Namamu.

Zona prospek *shallow gas* ditentukan dari analisa atribut maksimum - minimum dan *Amplitude Variation with Offset (AVO)* yang dikalkulasi dengan ketebalan batu pasir sehingga dihasilkan volume total *shallow gas* pada daerah penelitian serta pertimbangan jaraknya dengan platform terdekat. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan 4 daerah potensi *shallow gas* pada kedalaman 1433-1533 ft dengan total gas biogenik sebesar 81,1 MMSCF serta 7 daerah potensi pada kedalaman 1309-1379 ft dengan total gas biogenik sebesar 79.9 MMSCF.

Kata kunci: *Shallow biogenic gas*, Atribut Amplitudo Maksimum dan Minimum, AVO, Volumetrik Gas.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



repository.ub.ac.id

# **IDENTIFICATION OF SHALLOW GAS PROSPECT ZONE BY SEISMIC ATTRIBUTE AND AMPLITUDE VARIATION WITH OFFSET (AVO)**

**Case Study: Namamu Field, Asri Basin**

## ***ABSTRACT***

*The shallow gas was a geohazard which was avoided in drilling activities because it could blow out risk. But present, shallow gas is a new gas reserves as unconventional resources that can be explored and exploited.*

*The purpose of this research is to mapping the distribution of shallow biogenic gas in around Namamu field, calculate the volumetric of shallow gas potential, and determine the shallow gas prospect zone. The challenges are the existance of shallow gas (petroleum system) has different with prospect area in general, gas area identification with limited data especially no well log, and volumetric calculations are essential to determine the prospect of shallow gas reserves. The assumptions are the shallow biogenic gas in study area has similar reservoir quality with Susana-01 well, and the geochemistry data in C-23 well can be representative for shallow biogenic gas in Namamu field.*

*The shallow gas prospect zone determined by analyzed of seismic attribute maximum - minimum and Amplitude Variation with Offset (AVO) which calculated with thickness of sandstone to generated the total volumetric of shallow gas and distance from the platform. There are 4 shallow gas potential areas in depth 1433-1533 ft as much as 81,1 MMSCF and also 7 shallow gas potential areas in depth 1309-1379 ft as much as 79.9 MMSCF.*

**Key words:** *Shallow biogenic gas, Attribute Maximum and Minimum Amplitude, AVO, Gas Volumetric.*

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

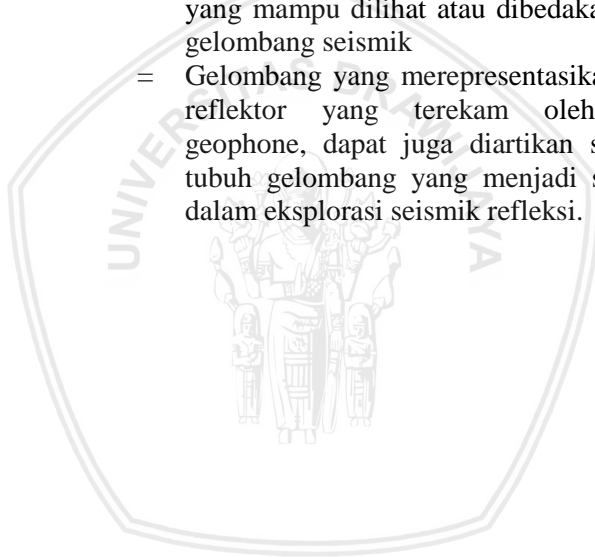


## GLOSARIUM

- Amplitudo = Simpangan terjauh dalam suatu puncak (*peak*) atau lembah (*trough*) gelombang yang mempresentasikan besarnya energi dari sebuah reflektor
- Atribut Seismik = Pengukuran yang berasal dari data seismik, biasanya berdasarkan pengukuran waktu, amplitudo, frekuensi, dan atau atenuasi
- AVO = *Amplitude variation with offset*, didefinisikan sebagai perubahan pada amplitudo gelombang seismik terhadap perubahan sudut datang gelombang seismik (*incident angle*)
- Brightspot* = Salah satu DHI (*Direct Hydrocarbon Indicator*) pada data seismik dan merupakan anomali amplitudo yang diakibatkan oleh penurunan kuat impedansi akustik pada reservoir yang terisi hidrokarbon
- Data *Check-shot* = Data hasil pengukuran waktu tempuh gelombang seismik dimana sumber gelombang diletakkan di permukaan dekat lubang bor, sementara perekam berada di sepanjang lubang bor dengan interval jarak tertentu.
- Fluida = Istilah yang digunakan untuk menyebut segala jenis zat yang dapat mengalir, baik dalam bentuk cairan maupun gas
- Fisika Batuan = Cabang ilmu fisika yang membahas mengenai properti fisis suatu batuan
- Gather* Seismik = Kumpulan *trace* seismik yang memiliki CMP (*common mid point*) tertentu
- Gradient* = Besarnya perubahan amplitudo seismik sebagai fungsi *angle of incidence* yang didapatkan pada sudut terjauh
- Impedansi Akustik = Kemampuan sebuah batuan untuk melewatkan gelombang seismik  $V_p$

Impedansi Geser	= Kemampuan sebuah batuan untuk melewati gelombang seismik $V_s$
<i>Intercept</i>	= Besarnya amplitudo seismik pada <i>zero offset</i> atau <i>zero incidence angle</i>
Koefisien Refleksi	= Respon gelombang seismik terhadap adanya perubahan pada impedansi akustik batuan
Permeabilitas	= Kemampuan batuan untuk mengalirkan fluida
Polaritas Seismik	= Karakter refleksi sebuah <i>wiggle</i> yang direpresentasikan sebagai <i>peak</i> atau <i>trough</i>
Porositas Batuan	= Pori atau ruang kosong yang ada di dalam tubuh batuan
Porositas Efektif	= Fraksi seluruh volume pori yang saling terhubung di dalam tubuh batuan
Porositas Total	= Fraksi seluruh volume pori yang ada di dalam tubuh batuan
<i>Post-inversion</i>	= Fase pengendapan batuan yang terjadi setelah proses inversi sebuah cekungan. Umumnya ditandai oleh suplai sedimen yang melebihi tingkat deformasi cekungan akibat proses tektonik kompresional
<i>Post-rift</i>	= Fase pengendapan batuan yang terjadi setelah proses <i>rifting</i> sebuah cekungan. Umumnya ditandai oleh suplai sedimen yang melebihi tingkat deformasi cekungan akibat proses tektonik ekstensional
Rho ( $\rho$ )	= Densitas sebuah benda yang didefinisikan sebagai perubahan massa sebuah benda relatif terhadap volumenya ( $\text{gr/cm}^3$ )
Saturasi Air	= Fraksi volume air yang mengisi pori batuan
Saturasi Gas	= Fraksi volume gas yang mengisi pori batuan
<i>Shallow Gas</i>	= salah satu <i>play</i> dalam eksplorasi hidrokarbon yang terfokus pada

- akumulasi gas yang terbentuk akibat aktivitas mikroorganisme dan berada pada kedalaman dangkal ( $\pm 1$  km)
- Syn-inversion* = Fase pengendapan yang terjadi ketika proses inversi pada rezim kompressional sebuah cekungan. Struktur kompressional seperti patahan naik dan antiklin umum dijumpai
- Syn-rift* = Fase pengendapan yang terjadi ketika proses *rifting* pada rezim ekstensional sebuah cekungan. Struktur ekstensional seperti patahan turun umum dijumpai
- Tuning Thickness* = Batas minimal ketebalan lapisan batuan yang mampu dilihat atau dibedakan oleh gelombang seismik
- Wavelet* = Gelombang yang merepresentasikan satu reflektor yang terekam oleh satu geophone, dapat juga diartikan sebagai tubuh gelombang yang menjadi sumber dalam eksplorasi seismik refleksi.



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**





## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya, penulis dapat melaksanakan kegiatan tugas akhir dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul: **IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK SHALLOW GAS DENGAN MENGGUNAKAN ATRIBUT SEISMIK DAN AMPLITUDE VARIATION WITH OFFSET (AVO), Studi Kasus: Lapangan “Namamu”, Cekungan Asri** dengan lancar dan sesuai pada waktu yang telah ditentukan. Laporan penelitian tugas akhir ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat Sarjana S-1 di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, masukan serta dukungan dari semua pihak, laporan penelitian tugas akhir ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan waktu dan kesempatan serta kemudahan yang tak terbatas di setiap langkah menjadi mahasiswa Geofisika Universitas Brawijaya.
2. Kedua orangtua dan dua kakak perempuan saya serta semua keluarga yang senantiasa selalu berada disamping saya setiap waktu dengan do'a mereka.
3. Para pemberi beasiswa baik DIKTI maupun HAGI yang memberi saya kesempatan untuk belajar dengan giat di kampus terbaik ini.
4. Para Dosen-dosen terbaik dari Fakultas MIPA, jurusan Fisika serta dosen-dosen geofisika yang sangat membantu dalam memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis sejak awal menjadi mahasiswa Universitas Brawijaya.
5. Bapak Drs. Alamsyah M. Juwono, M.Sc selaku pembimbing I yang telah memberikan dukungan, masukan, nasehat serta ilmunya kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Pak Sun Pengxiao yang telah membalas email hanya dengan satu kata ajaib “*Approve*” sehingga penulis dapat langsung melaksanakan seleksi “*Thesis Writing Program*” di CNOOC SES Ltd dan kemudian diterima dengan lancar.
7. Mas Dwandari Ralanarko, S.T. dan Mas Pranowo Nugroho, S.Si. selaku pembimbing II yang telah sabar sekali membimbing,

memberikan saran dan motivasinya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan lancar hingga presentasi akhir di depan para geosaintis CNOOC SES Ltd.

8. Semua pegawai dan pembimbing di divisi ES maupun eksplorasi yang senantiasa terbuka memberikan ilmunya kepada saya yang selalu banyak bertanya ini (Mas Wrahas, Mas Keke, Mas Robert, Mas Julius, Mas Heri, Mas Yondo, Kak Ratih, Bang Zhafi, Mas Reza, Mas Seno, Mas Panji, serta Pak Diding, Kang Iwan, dll.).
9. Anak-anak bontot-ho alias teman seperjuangan di CNOOC: Kak Yantiho (UGM), Adiho (UNPAD), Bastiano dan Ichaho (Trisakti) yang selalu bersama setiap hari layaknya keluarga.
10. Grup riset kami “BOUGUER (Brawijaya Geophysics Research Group)” (Dennis dan Mas Farizky) yang selalu memberikan *support* dan ide untuk submit paper di setiap *event* di dalam maupun luar negeri, sungguh beruntung saya memiliki kawan baik dan pintar seperti kalian di kampus tercinta ini.
11. Seluruh teman-teman seperjuangan Angkatan Emas Raja Brawijaya di berbagai jurusan dan fakultas terutama “Geophysics Gold Generation” yang selalu memiliki waktu untuk bertukar pikiran dan ide dalam berbagai ilmu pengetahuan dan bisnis.
12. Semua teman-teman IPA 3 MAN Lamongan yang selalu memiliki waktu untuk berlibur bersama dan selalu kompak walau terpisah oleh kampus masing-masing, bersyukur sekali saya memiliki kalian dari bangku sekolah hingga sekarang dan nanti.
13. Teman-teman di segala organisasi yang saya ikuti, baik AAPG, SEG, IMGF, HMGI, terimakasih banyak karena telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman organisasi kepada penulis selama perkuliahan.
14. Teman-teman dari berbagai universitas yang saya temui baik saat mengikuti kompetisi maupun saat menjadi *volunteer* di setiap acara IPA, HAGI dan IAGI. Serta teman-teman SV IPA 2015 yang benar-benar membuat saya menjadi pribadi yang lebih baik dalam meraih prestasi dan membangun *professional networking* dan *teamwork*.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyelesaian penulisan laporan penelitian tugas akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

repository.ub.ac.id

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan penelitian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan di kemudian hari. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [indahzuhrotulfirdaus@gmail.com](mailto:indahzuhrotulfirdaus@gmail.com). Semoga ilmu dan pengalaman yang tertulis dalam laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca sekalian terutama demi ketahanan energi di Indonesia.

Malang, 21 Oktober 2017

Penulis



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
GLOSARIUM .....	xv
KATA PENGANTAR .....	xix
DAFTAR ISI .....	xxi
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>3</b>
2.1 Lokasi Daerah Penelitian .....	3
2.2 Geologi Regional dan Tektonik Cekungan Asri .....	4
2.3 Stratigrafi Cekungan Asri .....	6
2.4 <i>Shallow Gas</i> .....	9
2.5 Amplitudo Seismik .....	11
2.5.1 Polaritas .....	13
2.5.2 Wavelet .....	14
2.5.3 Resolusi Vertikal Seismik .....	15
2.5.4 Seismogram Sistetik .....	17
2.6 Seismik Atribut Amplitudo Maksimum dan Minimum .....	19
2.7 <i>Amplitude Variation with Offset (AVO)</i> .....	20
2.8 Perhitungan Volumetrik Gas .....	22
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Rancangan Penelitian .....	23
3.3 Perlengkapan Penelitian .....	23
3.4 Langkah Penelitian .....	24
3.4.1 Studi Literatur .....	24

3.4.2	Data Seismik 3 Dimensi .....	25
3.4.3	Interpretasi Horizon dan Patahan .....	26
3.4.4	Peta Struktur Waktu.....	27
3.4.5	Tahapan Atribut Seismik .....	29
3.4.6	Tahapan <i>Amplitude Variation with Offset</i> (AVO).....	33
3.4.7	Konversi Domain Waktu Terhadap Kedalaman - ( <i>Time to Depth Conversion</i> ) .....	35
3.4.8	Perhitungan Volumetik Gas.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		39
4.1	Interpretasi Awal .....	39
4.1.1	Interpretasi Awal Keterdapatan <i>Shallow Gas</i> Pada - Data Seismik di Lapangan Namamu .....	39
4.1.2	Identifikasi AVO pada Area S-01.....	40
4.1.3	Data Geokimia pada Area S-01 .....	43
4.2	Analisa Atribut Seismik.....	45
4.3	Analisa AVO .....	45
4.3.1	Analisa AVO Pada Formasi Parigi Atas.....	49
4.3.2	Analisa AVO Pada Formasi Parigi Ani.....	50
4.4	Perhitungan Volumetrik Gas Biogenik Lapangan - Namamu.....	52
4.5	Penentuan Zona Prospek Pada Lapangan Namamu.....	54
BAB V PENUTUP .....		
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN .....		65
Lampiran 1	.....	65
	Data Geokimia Pendukung Keterdapatannya Gas Biogenik di Lapangan Namamu .....	65
Lampiran 2	.....	67
	Penentuan Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi - Atas.....	67
Lampiran 3	.....	71
	Penentuan Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi - Ani .....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lokasi Daerah Penelitian (Cekungan Asri).....	3
Gambar 2.2	<i>Pre-Rifting</i> pada Cekungan Asri .....	4
Gambar 2.3	<i>Syn-Rifting</i> pada Cekungan Asri .....	5
Gambar 2.4	<i>Post-Rifting</i> pada Cekungan Asri.....	5
Gambar 2.5	Stratigrafi Cekungan Asri (Sukanto dkk., 1998)...	6
Gambar 2.6	Karakteristik keberadaan shallow gas pada data - seismik (Schroot, 2002).....	10
Gambar 2.7	Contoh skema penempatan formasi 1 dan 2 pada perhitungan koefisien refleksi dan amplitudo – seismik.....	12
Gambar 2.8	Contoh respon amplitudo seismik sebagai fungsi impedansi akustik dan koefisien refleksi .....	13
Gambar 2.9	Standar polaritas amplitudo seismik refleksi SEG dan Eropa (Abdullah, 2014).....	13
Gambar 2.10	<i>Zero phase wavelet</i> digunakan pada proses interpretasi data seismik pada lapangan “Namamu” .....	14
Gambar 2.11	Pengaruh kompaksi batuan terhadap magnitudo - kecepatan gelombang P (Avseth, 2000).....	16
Gambar 2.12	Ilustrasi pembuatan seismogram sintetik (Sukmono, 1999) .....	18
Gambar 2.13	Ilustrasi <i>zero phase</i> dan <i>minimum phase wavelet</i> (Veeken, 2007).....	18
Gambar 2.14	Ilustrasi perhitungan atribut amplitude maksimum pada tras seismik (Sukmono, 2001) .....	19
Gambar 2.15	Pembagian kelas-kelas AVO berdasarkan pada – (A) plot <i>intercept</i> dan <i>gradient</i> ; (B) plot koefisien refleksi sebagai fungsi sudut datang gelombang seismik (Modifikasi dari Hall, 2011).....	22
Gambar 3.1	<i>Software</i> yang digunakan dalam penelitian.....	23
Gambar 3.2	Diagram alir tahapan pengolahan data .....	24
Gambar 3.3	Peta Basemap daerah penelitian.....	26
Gambar 3.4	Interpretasi Horizon pada Parigi Atas dan Parigi –	

	Ani.....	27
Gambar 3.5	Peta Struktur waktu pada (a) Parigi Atas, (b) Parigi Ani.....	29
Gambar 3.6	Peta Atribut (a) Maksimum Amplitudo dan (b) Minimum Amplitudo pada Parigi Atas.....	31
Gambar 3.7	Peta Atribut (a) Maksimum Amplitudo dan (b) Minimum Amplitudo pada Parigi Ani.....	33
Gambar 3.8	Tahapan Analisa AVO pada area S-01.....	35
Gambar 3.9	Kurva persamaan konversi kedalaman (TDC) pada- Lapangan Namamu.....	36
Gambar 4.1	Indikasi Awal Keterdapatan <i>Shallow Gas</i> pada Data Seismik di Lapangan Namamu.....	40
Gambar 4.2	Letak Area S-01 dan indikasi adanya anomali amplitude serta keberadaan gas pada data log.....	43
Gambar 4.3	Plot antara isotop karbon dan <i>Bernard's parameter</i> pada lokasi penelitian.....	44
Gambar 4.4	Hasil analisa atribut seismik <i>maximum amplitude</i> – pada Parigi Atas.....	46
Gambar 4.5	Zonasi daerah potensi dengan anomali amplitudo seismik pada Parigi Atas.....	47
Gambar 4.6	Hasil analisa atribut seismik <i>maximum amplitude</i> – pada Parigi Ani.....	48
Gambar 4.7	Zonasi daerah potensi dengan anomali amplitudo – seismik pada Parigi Ani.....	49
Gambar 4.8	Data amplitudo seismik pada data seismik PSTM, <i>intercept (near angle), gradient (mewakili far angle),</i> dan P*G.....	50
Gambar 4.9	Data amplitudo seismik Area 5 dengan hasil AVO P*G Negatif Gas.....	51
Gambar 4.10	Data amplitudo seismik Area 6 dengan hasil AVO P*G Negatif Gas.....	51
Gambar 4.11	Zonasi daerah dengan anomali amplitudo seismik –	



	pada Formasi Parigi Ani. Tanda X menunjukkan anomali amplitudo seismik yang dihasilkan oleh keberadaan batubara.....	52
Gambar 4.12	Penentuan zona prospek pada Parigi Atas.....	55
Gambar 4.13	Penentuan zona prospek pada Parigi Ani.....	57
Gambar 4.15	Lokasi sumur pengembangan zona prospek 2 - (Parigi Atas) dan 3 (Parigi Ani) pada Lapangan Namamu .....	58
Gambar L1.1	Plot Hasil Data Geokimia.....	66
Gambar L2.1	Tujuh Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Atas. ....	67
Gambar L2.2	Hasil AVO P*G Area 1 Parigi Atas .....	67
Gambar L2.3	Hasil AVO P*G Area 2 Parigi Atas .....	68
Gambar L2.4	Hasil AVO P*G Area 3 Parigi Atas .....	68
Gambar L2.5	Hasil AVO P*G Area 4 Parigi Atas .....	69
Gambar L2.6	Hasil AVO P*G Area 5 Parigi Atas .....	69
Gambar L2.7	Hasil AVO P*G Area 6 Parigi Atas .....	70
Gambar L2.8	Hasil AVO P*G Area 7 Parigi Atas .....	70
Gambar L3.1	Indikasi Awal Zona Potensi Gas Biogenik dengan Menggunakan Atribut Seismik Amplitudo .....	71
Gambar L3.2	Hasil AVO P*G Area 1 Parigi Ani .....	71
Gambar L3.3	Hasil AVO P*G Area 2 Parigi Ani .....	72
Gambar L3.4	Hasil AVO P*G Area 3 Parigi Ani .....	72
Gambar L3.5	Hasil AVO P*G Area 4 Parigi Ani .....	73
Gambar L3.6	Hasil AVO P*G Area 5 Parigi Ani .....	73
Gambar L3.7	Hasil AVO P*G Area 6 Parigi Ani .....	74
Gambar L3.8	Hasil Analisa AVO Menunjukkan Terdapat 4 Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Ani.....	74

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Hasil analisis geokimia gas pada lokasi penelitian..... 44  
 Tabel 4.2 Data petrofisika serta hasil perhitungan volumetrik gas biogenik pada Parigi Atas..... 53  
 Tabel 4.3 Data petrofisika serta hasil perhitungan volumetrik gas biogenik pada Parigi Ani..... 53  
 Tabel L1.1 Data Geokimia..... 65



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Geokimia Pendukung Keterdapatannya Gas - Biogenik di Lapangan Namamu .....	65
Lampiran 2	Penentuan Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Atas .....	67
Lampiran 3	Penentuan Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Ani .....	71



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Upaya mengurangi ketergantungan terhadap impor minyak dari negara tertentu mengharuskan Indonesia untuk lebih agresif mencari sumber-sumber pasokan (energi fosil) baru. Menurut Abdul Muin, pengamat energi nasional (2014) menyatakan bahwa cadangan minyak terbukti yang saat ini tersisa di bawah permukaan hanya sebesar 3,7 miliar barel (11,5% dari URR), sehingga sangat mustahil untuk dapat memenuhi sepertiga kebutuhan domestik pada tahun 2025. Sedangkan cadangan gas baik pada lapangan-lapangan yang sudah maupun yang belum diproduksi masih cukup signifikan, yaitu lebih dari 90 TSCF.

Porsi minyak tahun 2025 diperkirakan akan turun menjadi kurang dari 20%. Sebaliknya, porsi batubara dan gas pada tahun yang sama diharapkan masing-masing naik hingga lebih dari 33% dan 30%. Penurunan porsi minyak yang disertai dengan kenaikan porsi gas dan batubara merupakan dampak dari program pemerintah mengurangi ketergantungan terhadap minyak dengan melakukan konversi energi (Badan Intelijen Negara, 2014). Dengan demikian, dalam beberapa tahun kedepan dimungkinkan kebutuhan gas sebagai sumber energi akan semakin meningkat.

Anggota Dewan Energi Nasional, Andang Bachtiar (2016) menyatakan bahwa 30% cadangan gas dunia adalah gas biogenik yang memiliki kedalaman kurang dari 1 km, dimana biaya produksi gas tersebut jauh lebih murah bila dibandingkan dengan gas termogenik yang memiliki kedalaman rata-rata 3-4 km dari permukaan tanah.

Gas biogenik atau *shallow biogenic gas* dahulunya dikenal sebagai *geohazard* yang dihindari saat proses pengeboran berlangsung karena dapat menyebabkan *blow out*. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi tentang *unconventional resources*, saat ini *shallow gas* merupakan salah satu cadangan gas baru yang dapat dieksplorasi dan dieksploitasi.

Metode geofisika yang dapat digunakan dalam eksplorasi *shallow gas* adalah metode seismik refleksi karena metode ini memiliki tingkat akurasi dan resolusi yang tinggi serta penetrasi yang dalam (Telford, dkk., 1976).

Dari data seismik di lapangan “Namamu”, telah dijumpai beberapa karakteristik keberadaan *shallow gas*. Sehingga, dilakukanlah penelitian ini untuk menentukan zona prospek *shallow gas* pada lapangan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana distribusi *shallow gas* di lapangan Namamu?
2. Berapa kubik feet *shallow gas* yang ada di daerah penelitian?
3. Dimanakah zona prospek *shallow gas* di daerah penelitian?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Data pada lapangan Namamu sangat terbatas dengan minimnya log sumur di area potensi *shallow gas* sehingga penelitian ini dibatasi pada interpretasi data seismik dalam penentuan distribusinya.
2. Identifikasi zona prospek *shallow gas* hanya menggunakan analisa atribut amplitude seismik maksimum dan minimum serta AVO (*Amplitude Variation with Offset*).

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Memetakan distribusi *shallow gas* di lapangan Namamu
2. Menghitung volumetrik area potensi *shallow gas*
3. Menentukan zona prospek *shallow gas*

## 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari identifikasi zona prospek *shallow gas* di area penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai referensi dalam pencarian cadangan gas di lapangan-lapangan lain demi ketahanan energi di Indonesia



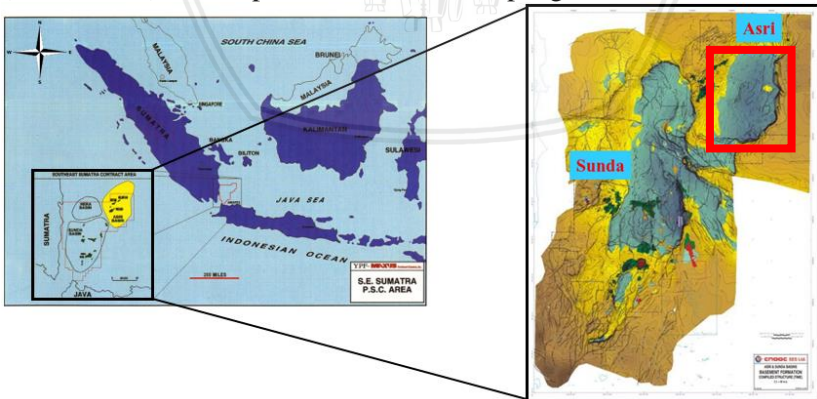
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lokasi Daerah Penelitian

Daerah penelitian ini dilakukan pada Cekungan Asri yang merupakan daerah operasi *China National Offshore Oil Company* (CNOOC) blok *South East Sumatera* (SES). Blok Sumatera Tenggara terletak pada  $04^{\circ}30' - 06^{\circ}00'$  LS dan  $106^{\circ}00' - 107^{\circ}00'$  BT. Blok ini merupakan bagian dari Cekungan Jawa Barat Laut (*North West Java Basin*) dengan tiga cekungan utama, yaitu Cekungan Sunda, Arjuna, dan Asri.

Cekungan Asri merupakan salah satu cekungan sedimen penghasil hidrokarbon yang dibatasi oleh Paparan Sunda di bagian utara, di sebelah timur dibatasi oleh Cekungan Biliton dan Busur Karimun Jawa, di sebelah selatan dibatasi oleh Cekungan Jawa Barat dan Platform Seribu, dan di bagian barat dibatasi oleh tinggian Lampung. Cekungan ini memiliki luas sekitar 3500 kilometer persegi dengan ketebalan sedimen maksimum mencapai 4876,8 meter yang terbentuk dari Paleosen sampai Pleistosen (Sukanto dkk., 1998).

Kegiatan eksplorasi pada Cekungan Asri dimulai dengan ditemukannya Lapangan Intan (1987) dan Lapangan Widuri (1988). Kedua lapangan ini merupakan lapangan penghasil minyak utama yang telah memproduksi minyak bumi lebih dari setengah milyar barel bersama tujuh lapangan lainnya. Pada penelitian ini, lokasi penelitian (Gambar 2.1) berada pada daerah sekitar lapangan utama tersebut.



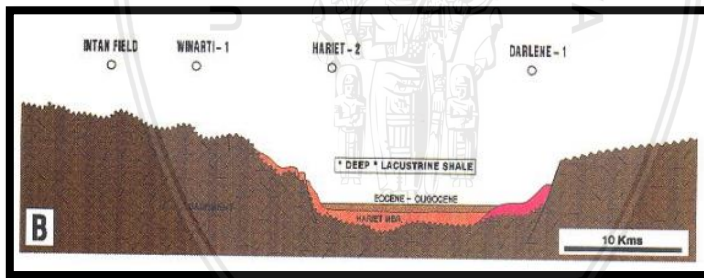
**Gambar 2.1** Lokasi Daerah Penelitian (Cekungan Asri).

## 2.2 Geologi Regional dan Tektonik Cekungan Asri

Young dan Atkinson (1993) mendefinisikan Cekungan Asri sebagai cekungan busur belakang dengan fitur cekungan berupa half-graben dan dapat digolongkan sebagai cekungan *sag* (Gambar 2.1) akibat minimnya amblesan yang dapat mempertebal cekungan tersebut (Sukanto dkk., 1998).

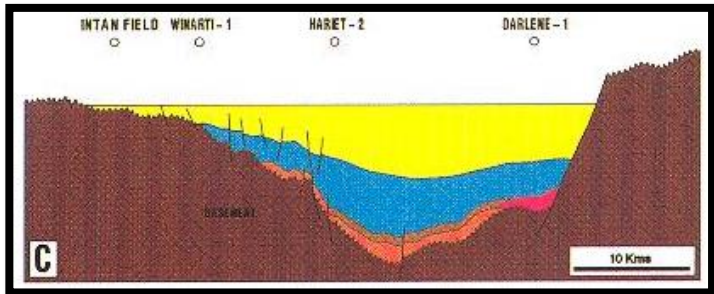
Cekungan Asri memiliki luas sebesar 3500 km<sup>2</sup> dengan ketebalan sedimen mencapai 16,000 ft ( $\pm 5$  km) dengan umur Eosen-Pleistosen yang dibatasi oleh patahan turun dengan orientasi N-S di sebelah timur serta patahan *wrench* dengan orientasi NW-SE pada sebelah selatan. Struktur utama yang umum dijumpai pada cekungan ini berupa lipatan, blok *horst*, lipatan ter-sesarkan, serta *drape*. Struktur-struktur kompresi akibat adanya batas lempeng konvergen di selatan Jawa hadir sebagai reaktivasi patahan-patahan dengan orientasi NW-SE yang berasosiasi dengan patahan *transpressional* (patahan *wrench* yang disebutkan di atas). Secara tektonik, terdapat beberapa episode besar yang membentuk serta memodifikasi Cekungan Asri, yaitu (Sukanto dkk., 1998):

1. *Pre-rifting*: berlangsung pada Eosen hingga Oligosen Awal. Pada episode ini, sebagian Formasi Banuwati diendapkan.



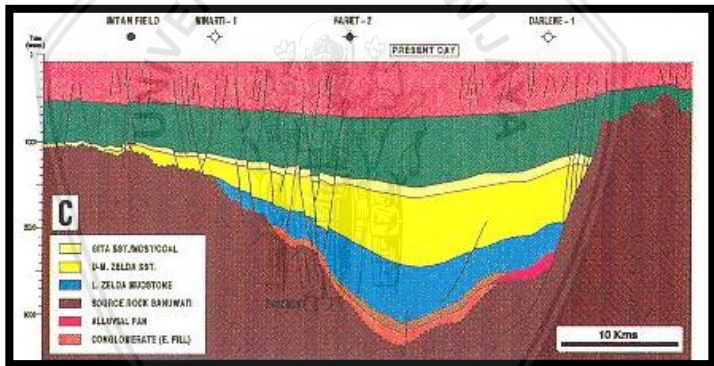
**Gambar 2.2** *Pre-Rifting* pada Cekungan Asri.

2. *Syn-rift*: proses ini terjadi pada Oligosen Awal-Akhir yang ditandai oleh terendapkannya sebagian Formasi Banuwati serta keseluruhan Formasi Talangakar (TAF – Anggota Zelda Atas).



**Gambar 2.3** *Syn-Rifting* pada Cekungan Asri.

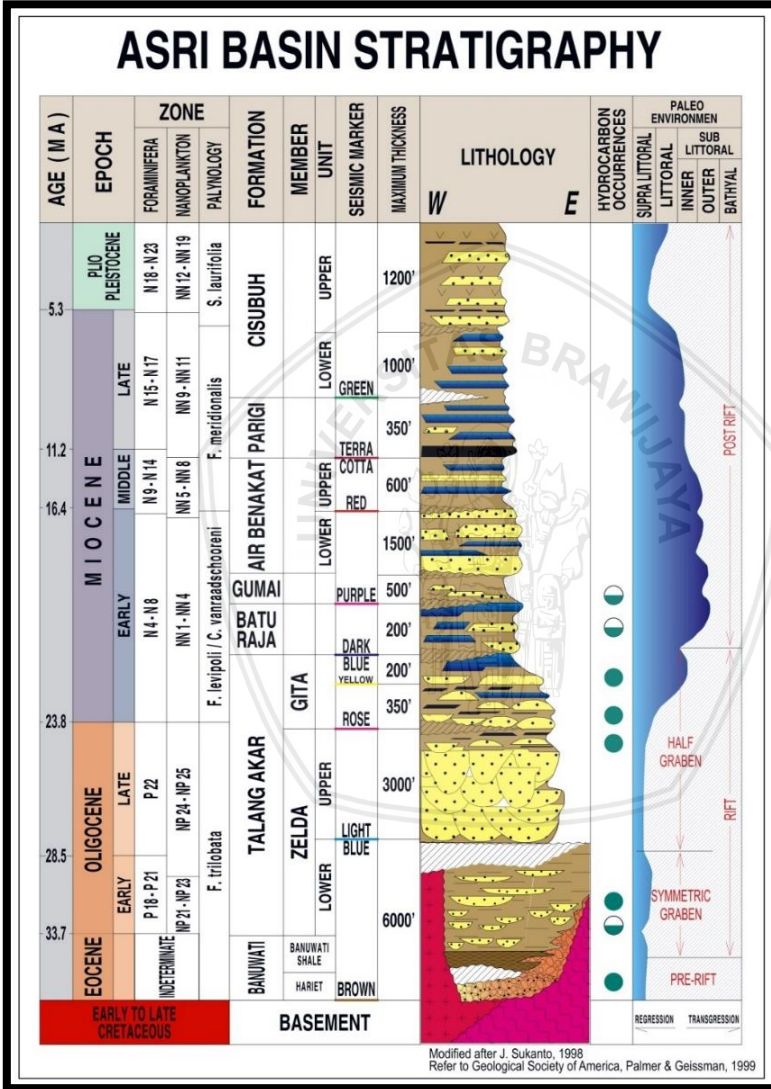
3. *Post-rift*: berlangsung pada Miosen Awal hingga Pleistosen (Terendapkannya Anggota Gita, Formasi Baturaja, Air Benakat, Parigi, dan Cisubuh). Pada episode ini, terjadi amblesan regional (*regional subsidence*) serta transgresi yang berkaitan dengan pendinginan Cekungan Asri.



**Gambar 2.4** *Post-Rifting* pada Cekungan Asri.

### 2.3 Stratigrafi Cekungan Asri

Berikut merupakan kolom stratigrafi Cekungan Asri (Gambar 2.5) yang menunjukkan adanya suatu mega siklus dari *base level rise* (Formasi Banuwati-Gumai) dan *base level fall* (Formasi Air Benakat – Cisubuh).



Gambar 2.5 Stratigrafi Cekungan Asri (Sukanto dkk., 1998).

Pola stratigrafi dari umur tertua sampai termuda adalah sebagai berikut (Sukanto dkk., 1998):

1. Batuan Dasar (*Basement*)

Batuan dasar Cekungan Asri merupakan jenis batuan Pra-Tersier yang terdiri dari batuan beku (granit/granodiorit) sampai batuan metamorf tingkat rendah.

2. Formasi Banuwati

Formasi Banuwati merupakan endapan *shale* hitam dari lakustrin sebagai kontak antara *shale* lakustrin dan klastik Banuwati yang terbentuk pada zaman Oligosen Awal. Perubahan yang besar dari *High Shale Ratio* (HSR) menjadi *shale* menunjukkan perubahan yang besar dari sistem pola penyaluran (*drainage*) pada cekungan ini dimana lingkungan danau *anoxic* menunjukkan indikasi lingkungan pengendapan sedimen *starved* pada formasi ini.

3. Anggota Zelda, Formasi Talang Akar

Anggota Zelda pada formasi Talang Akar terletak selaras di atas *shale* Banuwati dan terbentuk pada zaman Oligosen Tengah-Akhir, merupakan satuan *terrigenous* pada bagian bawahnya dan pada umumnya tersusun oleh *mudstone* yang tebal, *siltstone* dan batu pasir halus yang secara lokal dijumpai lapisan tipis batubara. Endapan tersebut diinterpretasikan sebagai endapan lingkungan di luar danau dangkal-fluvial-delta. Perbandingan SSR rendah akibat perubahan akomodasi sebagai akibat cepatnya *subsidence* dan terbatasnya pasokan sedimen klastik kasar. Bagian atas unit ini merupakan lapisan tebal dari *multitastory fluvial*. Batupasir Anggota Zelda ini bagian tengah sampai atas merupakan hasil *subsidence* yang perlahan (*slowdown subsidence*). Anggota Zelda ini diinterpretasikan sebagai titik balik dari *base level fall* menjadi *base level rise* (merupakan batas sekuen), hal ini tampak pada perubahan nilai *Sand Shale Ratio* (SSR) yang tinggi. Pengendapan secara bertahap berubah dari lingkungan *non marine lacustrine* dan *fluvial* menjadi *coastal plain*.

4. Anggota Gita, Formasi Talang Akar

Anggota Gita tersusun atas batu pasir *channel estuarine*, sisipan batu gamping dan batubara yang diendapkan pada Oligosen Akhir – Miosen Awal. Batu pasir menyerupai lembaran *sheet like* yang terbesar dan merupakan *channelized*. Anggota Gita mempunyai tebal 335 m dengan lingkungan pengendapan *supratidal-intertidal* dan diendapkan secara selaras di atas Anggota Zelda. Formasi

Talang Akar dicirikan dengan perubahan ketebalan batubara di bagian barat laut dan menipis di bagian tenggara dan sebaliknya untuk batu pasir menipis ke arah barat laut. Batubara ini dinamakan batubara “A” (*Cool A*) dan merupakan *marker bed* (lapisan penunjuk) yang penting di Cekungan Asri karena selain mudah dikenali juga penyebarannya sangat luas. Batu pasir Formasi Talang Akar ini merupakan lapisan-lapisan reservoir penghasil minyak bumi utama pada Cekungan Asri.

5. Formasi Baturaja

Formasi Baturaja terbentuk pada zaman Miosen Awal dan diendapkan selaras di atas Formasi Talang Akar, terdiri dari batu pasir *shallow marine*, *mudstone* dan secara lokal dijumpai batu gamping yang berkembang kurang baik.

6. Formasi Gumai

Formasi Gumai diendapkan selaras di atas Formasi Baturaja pada zaman Miosen Awal. Terdiri dari lempung yang disisipi batu gamping dan batu pasir yang tipis. *Shale* Gumai terletak selaras di atas formasi Baturaja.

7. Formasi Air Benakat

Formasi Air Benakat yang merupakan satu unit regresi yang berlangsung selama Miosen Awal- Tengah, terdiri dari perselingan lempung, batu pasir, dan batu gamping yang tipis.

8. Formasi Parigi

Formasi Parigi terbentuk pada Miosen Akhir dan terdiri atas batu gamping pasir dan batu lempung serta sedikit sisipan batubara. Di beberapa tempat lapisan formasi ini diendapkan sangat tipis atau menghilang.

9. Formasi Cisubuh

Formasi Cisubuh berumur Miosen Akhir – Plio Plestosen dan terbentuk dalam dua anggota yaitu anggota *marine* yang didominasi oleh batu lempung gampingan berwarna hijau terang sampai hijau, terdapat fosil foraminifera, dan ketebalan kurang lebih 660 kaki. Sedangkan anggota *non marine* terdiri atas batu lempung, batu pasir, dan batubara serta memiliki ketebalan kira-kira 1600 ft.

## 2.4 Shallow Gas

*Shallow gas* merupakan salah satu *play* dalam eksplorasi hidrokarbon yang terfokus pada akumulasi gas yang terbentuk akibat aktivitas biologi mikroorganisme dan berada pada kedalaman dangkal ( $\pm 1$  km) (Veeken, 2007). *Shallow gas* memiliki beberapa karakter tersendiri pada data seismik, diantaranya yaitu (Schroot, 2002):

### 1. *Brightspot*

*Brightspot* adalah satu DHI (*Direct Hydrocarbon Indicator*) pada data seismik dan merupakan anomali amplitudo yang diakibatkan oleh penurunan kuat impedansi akustik pada reservoir yang terisi hidrokarbon. Efek *brightspot* tersebut akan lebih kuat dengan reservoir yang terisi gas dibandingkan dengan minyak.

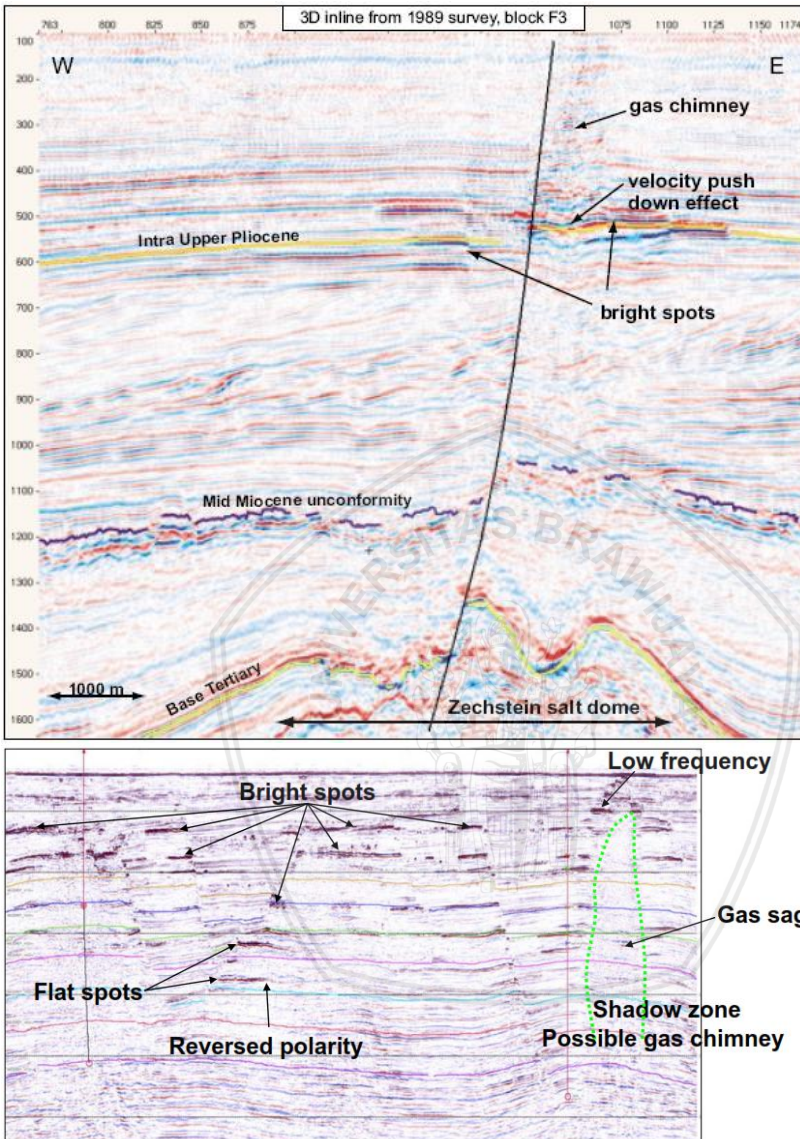
### 2. *Velocity pushdown*

Efek ini terbentuk karena adanya kandungan gas pada lapisan batuan yang menyebabkan *velocity* suatu peralihan batuan tersebut sangat rendah sehingga menyebabkan seolah-olah data seismik membentuk pola yang nampak melengkung ke bawah. Kolom gas yang tebal dapat menyebabkan menurunnya kecepatan yang menyebabkan waktu tibanya lebih lama dibandingkan batuan di sekitarnya.

### 3. *Gas chimney (shadow zone)*

Fenomena *gas chimney* atau pola *shadow zone* yang menerus ke atas disebabkan adanya migrasi gas yang lambat dan tidak cukup untuk mengganggu lapisan sedimen disekitarnya. Efek ini dicirikan dengan tampilan data seismik kabur yang berbentuk menjalar ke atas seperti corong (*chimney*). Buruknya tampilan penampang seismik diakibatkan karena adanya gas yang keluar.

Semua karakteristik tersebut juga biasanya ditemukan untuk indikasi awal keberadaan gas konvensional pada umumnya (sebagai *Direct hydrocarbon Indicator*), namun berbeda dengan *shallow gas* yang mana karakteristik tersebut ditemukan di zona-zona dangkal dengan kedalaman kurang dari 1 km dari permukaan tanah. Berikut merupakan gambar dari macam-macam karakteristik keberadaan *shallow gas* (Gambar 2.6) yang ditandai oleh adanya *brightspot*, *velocity pushdown*, dan *gas chimney (shadow zone)* (Schroot, 2002).



**Gambar 2.6** Karakteristik keberadaan shallow gas pada data seismik (Schroot, 2002).



## 2.5 Amplitudo Seismik

Besarnya amplitudo seismik dipengaruhi oleh adanya perbedaan impedansi akustik antara dua buah lapisan batuan. Magnitudo impedansi akustik dipengaruhi oleh besarnya densitas batuan serta kecepatan gelombang P yang melewati batuan tersebut. Secara matematis, impedansi akustik ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini:

$$AI = \rho \cdot V_p \quad (2.1)$$

Keterangan :

- $AI$  = impedansi akustik ( $\text{gr/cm}^3 \cdot \text{m/s}$ )
- $\rho$  = densitas batuan ( $\text{gr/cm}^3$ )
- $V_p$  = kecepatan gelombang P ( $\text{m/s}$ )

Batuan yang memiliki kandungan fluida hidrokarbon (minyak atau gas) cenderung memiliki impedansi akustik yang lebih rendah daripada batuan di sekitarnya. Bila batuan yang tidak mengandung fluida hidrokarbon diasumsikan tersaturasi oleh air, maka perbedaan densitas antara fluida yang mensaturasi sebuah batuan akan mempengaruhi densitas, kecepatan gelombang P, serta impedansi akustik batuan tersebut. Semakin besar perbedaan impedansi akustik antara dua lapisan batuan, maka amplitudo seismik yang dihasilkan cenderung semakin besar. Hubungan antara impedansi akustik dengan amplitudo seismik direpresentasikan oleh besarnya koefisien refleksi, yang secara matematis ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini:

$$R = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} = \frac{\rho_2 \cdot V_{p2} - \rho_1 \cdot V_{p1}}{\rho_2 \cdot V_{p2} + \rho_1 \cdot V_{p1}} \quad (2.2)$$

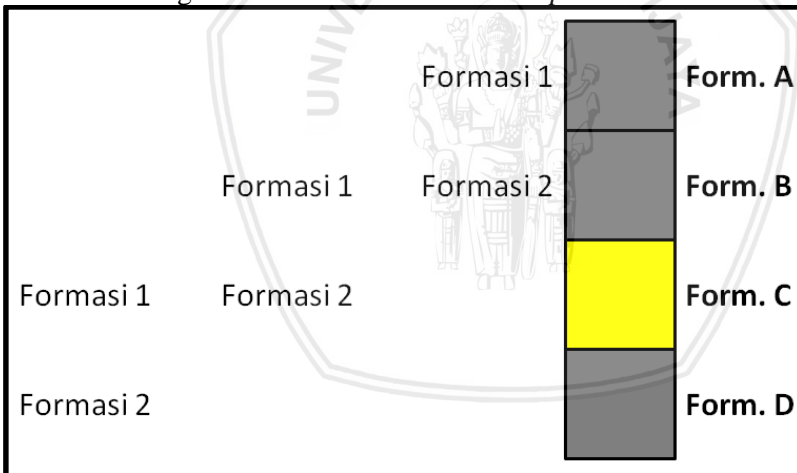
Keterangan :

- $R$  = koefisien refleksi
- $AI_1$  = impedansi akustik pada formasi 1 ( $\text{gr/cm}^3 \cdot \text{m/s}$ )
- $AI_2$  = impedansi akustik pada formasi 2 ( $\text{gr/cm}^3 \cdot \text{m/s}$ )
- $\rho_1$  = densitas batuan pada formasi 1 ( $\text{gr/cm}^3$ )
- $\rho_2$  = densitas batuan pada formasi 2 ( $\text{gr/cm}^3$ )
- $V_{p1}$  = kecepatan gelombang P pada formasi 1 ( $\text{m/s}$ )
- $V_{p2}$  = kecepatan gelombang P pada formasi 2 ( $\text{m/s}$ )

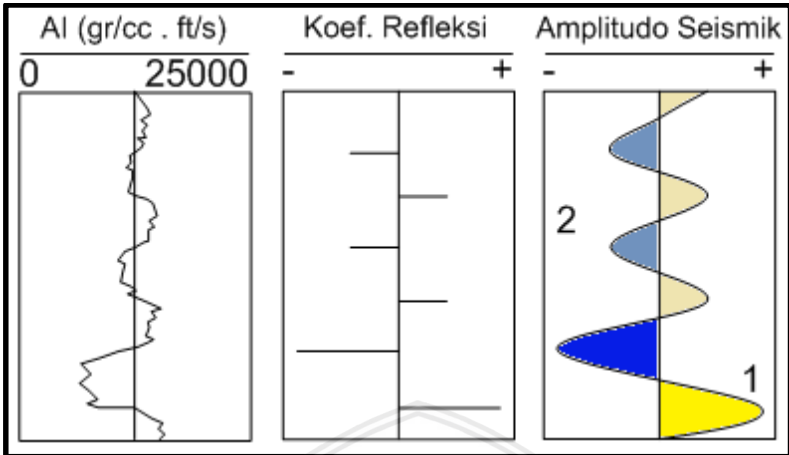
Koefisien refleksi ( $R$ ) didefinisikan sebagai respon gelombang seismik terhadap adanya perubahan impedansi akustik batuan (Bhatia dan Singh, 1986). Semakin besar koefisien refleksi pada batas antara dua lapisan batuan, maka amplitudo yang dihasilkan

akan semakin membesar (sejalan dengan perbedaan impedansi akustik antara dua buah lapisan batuan). Gambar 2.7 menunjukkan skema penempatan formasi 1 dan 2 pada perhitungan koefisien refleksi, sementara Gambar 2.8 menunjukkan contoh pengaruh perbedaan impedansi akustik terhadap koefisien refleksi dan amplitudo seismik yang dihasilkan. Bila terdapat perbedaan impedansi akustik antara dua buah lapisan batuan, hal tersebut ditunjukkan dengan adanya nilai pada koefisien refleksi yang selanjutnya direpresentasikan oleh satu *wiggle* seismik.

Pada penelitian ini, penulis membuat *slice* amplitudo seismik pada nilai maksimum dan minimum (*maximum* dan *minimum amplitude*) untuk memetakan sebaran *bright amplitude* yang diindikasikan sebagai keberadaan *shallow gas*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa keberadaan *shallow gas* umumnya direpresentasikan oleh keberadaan *bright amplitude*, penggunaan *maximum* dan *minimum amplitude* dinilai berperan dalam pemetaan awal sebaran *shallow gas* karena *bright amplitude* umumnya berasosiasi dengan *maximum* dan *minimum amplitude*.



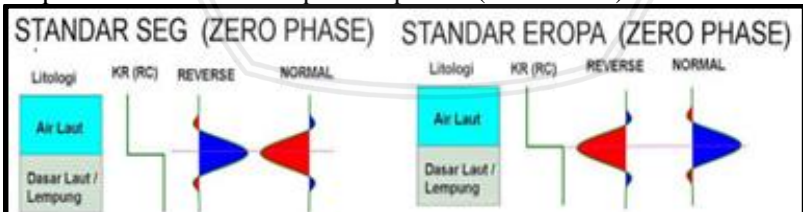
**Gambar 2.7** Contoh skema penempatan formasi 1 dan 2 pada perhitungan koefisien refleksi dan amplitudo seismik.



**Gambar 2.8** Contoh respon amplitudo seismik sebagai fungsi impedansi akustik dan koefisien refleksi.

### 2.5.1 Polaritas

Polaritas merupakan karakter refleksi sebuah *wiggle* seismik yang umumnya ditunjukkan oleh keberadaan *peak* (*maximum amplitude*) dan *trough* (*minimum amplitude*). Terdapat dua jenis standar penggunaan polaritas, yaitu SEG dan Eropa (Sukmono, 1999) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Perbedaan mendasar antara kedua jenis standar polaritas tersebut berada pada penempatan *peak* dan *trough*. Pada standar SEG, *peak* ditunjukkan oleh adanya amplitudo negatif (minimum); sementara pada standar Eropa, *peak* direpresentasikan oleh amplitudo positif (maksimum).



**Gambar 2.9** Standar polaritas amplitudo seismik refleksi SEG dan Eropa (Abdullah, 2014).

### 2.5.2 Wavelet

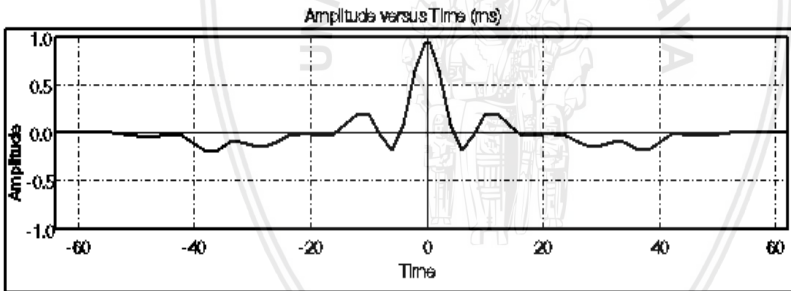
*Wavelet* merupakan gelombang yang merepresentasikan satu reflektor yang terekam oleh satu geophone, dapat juga diartikan sebagai tubuh gelombang yang menjadi sumber dalam eksplorasi seismik refleksi (Veeken, 2007). Amplitudo seismik sejatinya merupakan hasil konvolusi antara koefisien refleksi antara dua buah lapisan batuan dengan *wavelet* yang hadir pada kedua lapisan tersebut (Sukmono, 1999; Kaharuddin, dkk., 2015). Secara matematis, hubungan antara amplitudo seismik, koefisien refleksi, dan *wavelet* ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini:

$$S(t) = R * W \tag{2.3}$$

Keterangan :

- $S(t)$  = *trace* seismik dalam fungsi waktu
- $R$  = koefisien refleksi
- $W$  = *Wavelet*

Terdapat beberapa macam *wavelet* yang dapat digunakan pada proses interpretasi data seismik, gambar berikut merupakan jenis *wavelet* fase nol yang digunakan dalam penelitian ini (Gambar 2.10).



**Gambar 2.10** Zero phase wavelet digunakan pada proses interpretasi data seismik pada lapangan “Namamu”.

Wavelet fase nol lebih menguntungkan dibandingkan dengan wavelet fase minimum. Wavelet fase nol dengan puncak tunggal pada *arrival time*, dengan ekor seminim mungkin, akan memudahkan interpreter dalam penentuan waktu refleksi sehingga proses interpretasi horizon (picking) dalam rekaman hiperbolik reflektor pada gather menjadi lebih mudah dan akurat.

### 2.5.3 Resolusi Vertikal Seismik

Resolusi vertikal merupakan ketebalan minimum lapisan batuan yang masih dapat direpresentasikan oleh satu *wiggle* seismik. Apabila lapisan batuan yang dilewati oleh gelombang seismik memiliki ketebalan dibawah resolusi, maka amplitudo seismik yang merepresentasikan lapisan tersebut akan ter-interferensi dengan lapisan-lapisan lainnya. Pada kasus lapisan tipis (lapisan yang memiliki ketebalan dibawah resolusi seismik), maka amplitudo seismik yang merepresentasikan lapisan tersebut umumnya akan terganggu, sehingga dapat mengakibatkan mis-interpretasi. Secara matematis, resolusi vertikal seismik ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini:

$$R_v = \frac{\lambda}{4} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- $R_v$  = resolusi vertikal seismik
- $\lambda$  = panjang gelombang seismik (m)

sementara besarnya panjang gelombang seismik ( $\lambda$ ) adalah:

$$\lambda = \frac{V_p}{f} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- $\lambda$  = panjang gelombang seismik (m)
- $V_p$  = kecepatan gelombang P (m/s)
- $f$  = frekuensi gelombang seismik (Hz)

Terdapat perbedaan kecepatan gelombang P maupun frekuensi pada lapisan dangkal dan dalam, hal tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan densitas (berdampak pada magnitudo kecepatan gelombang P) serta atenuasi gelombang seismik (menurunkan frekuensi gelombang seismik). Hubungan antara densitas dengan kecepatan gelombang P ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini:

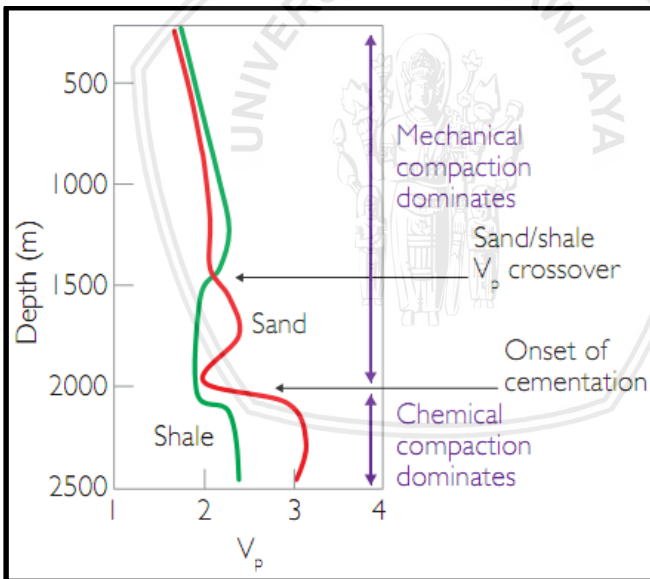
$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2.6)$$

Keterangan :

- $V_p$  = kecepatan gelombang P (m/s)

- $K$  = modulus *bulk* (GPa)
- $M$  = modulus geser (GPa)
- $P$  = densitas batuan ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa densitas memiliki hubungan yang terbalik dengan kecepatan gelombang P. Namun, seiring dengan meningkatnya densitas, modulus *bulk* dan geser akan semakin meningkat pula, oleh karena itu peningkatan tersebut akan jauh melebihi peningkatan densitas, sehingga dapat disimpulkan bahwa seiring dengan meningkatnya densitas, kecepatan gelombang P juga akan semakin meningkat. Seiring dengan bertambahnya kedalaman, *overburden stress* pada lokasi tersebut juga akan semakin meningkat, akhirnya terjadilah kompaksi yang akan meningkatkan densitas batuan-batuan tersebut (Avseth, 2000) (Gambar 2.11). Dengan kata lain, diperoleh informasi bahwa dengan bertambahnya kedalaman, batuan akan memiliki densitas serta kecepatan gelombang P yang makin besar.



**Gambar 2.11** Pengaruh kompaksi batuan terhadap magnitudo kecepatan gelombang P (Avseth, 2000).

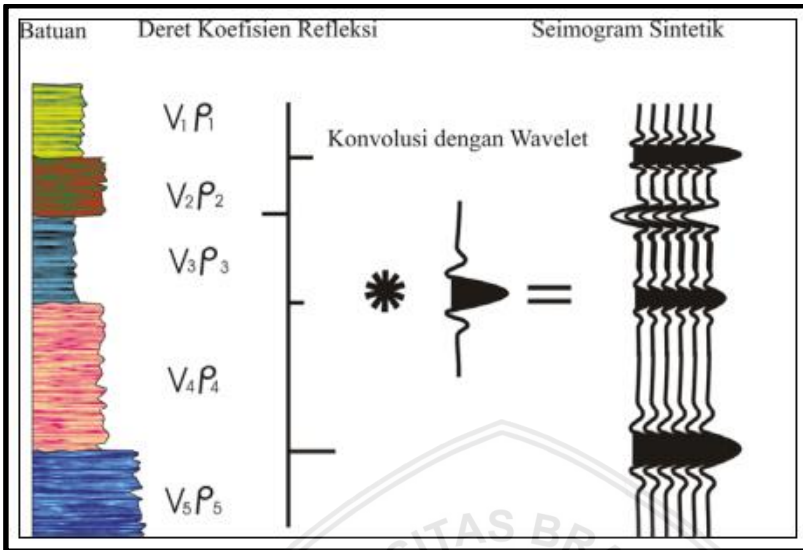
Selama gelombang seismik menjalar dibawah permukaan bumi, gelombang tersebut akan mengalami peredaman (atenuasi) oleh batuan, sehingga frekuensi gelombang seismik akan berkurang.

Semakin dalam suatu tempat, maka frekuensi gelombang seismik yang melewati lokasi tersebut akan semakin berkurang, namun kecepatan gelombang P akan meningkat. Berdasarkan pada pernyataan diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa pada lokasi yang dalam, resolusi seismik cenderung semakin baik (lapisan tipis dapat diwakili oleh *wiggle* seismik) sementara pada lokasi yang dangkal, resolusi seismik cenderung semakin buruk (lapisan tipis tidak dapat diwakili oleh *wiggle* seismik). Pada kasus *shallow gas*, kecepatan gelombang P pada lapisan yang mengandung gas akan menjadi rendah, sehingga *bright amplitude* akan sangat marak dijumpai walaupun lapisan *shallow gas* tersebut berada dibawah resolusi vertikal gelombang seismik. Akibatnya, pemanfaatan *slice* amplitudo maksimum atau minimum akan sangat efektif dalam deteksi sebaran *shallow gas*.

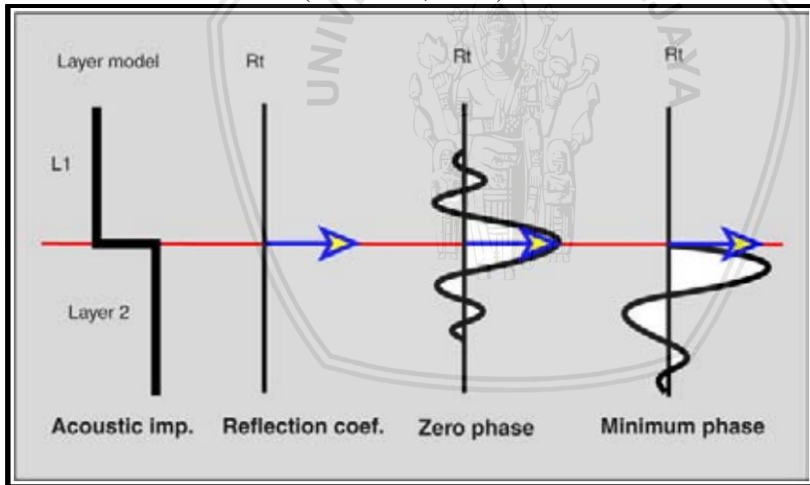
#### 2.5.4 Seismogram Sintetik

Seismogram sintetik merupakan sebuah data seismik sintetik yang dibuat dengan mengonvolusikan koefisien refleksi dengan sebuah *wavelet* (Gambar 2.12) (Sukmono, 1999; Kaharuddin, dkk., 2015). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, magnitudo koefisien refleksi dipengaruhi oleh perbedaan densitas serta kecepatan gelombang P antara dua lapisan batuan, sehingga besarnya amplitudo seismik juga akan dipengaruhi oleh hal yang sama.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa jenis *wavelet* yang dapat digunakan; penggunaan *wavelet* tersebut akan mempengaruhi sintetik seismogram yang dihasilkan. Berdasarkan pada parameter fase, *wavelet* dapat dibedakan menjadi *zero phase wavelet* serta *minimum phase wavelet* (Gambar 2.13) (Veeken, 2007). Pada interpretasi data seismik, *zero phase wavelet* umum untuk digunakan karena puncak energi *wavelet* berada pada fase nol, sehingga posisi *wiggle* seismik akan disejajarkan dengan posisi reflektor (batas lapisan batuan) yang sebenarnya. Apabila menggunakan *minimum phase wavelet*, maka posisi *wiggle* seismik akan dapat tergeser dari posisi reflektor, sehingga mis-interpretasi dapat terjadi.



**Gambar 2.12** Ilustrasi pembuatan seismogram sintetik (Sukmono, 1999).



**Gambar 2.13** Ilustrasi *zero phase* dan *minimum phase wavelet* (Veeken, 2007).

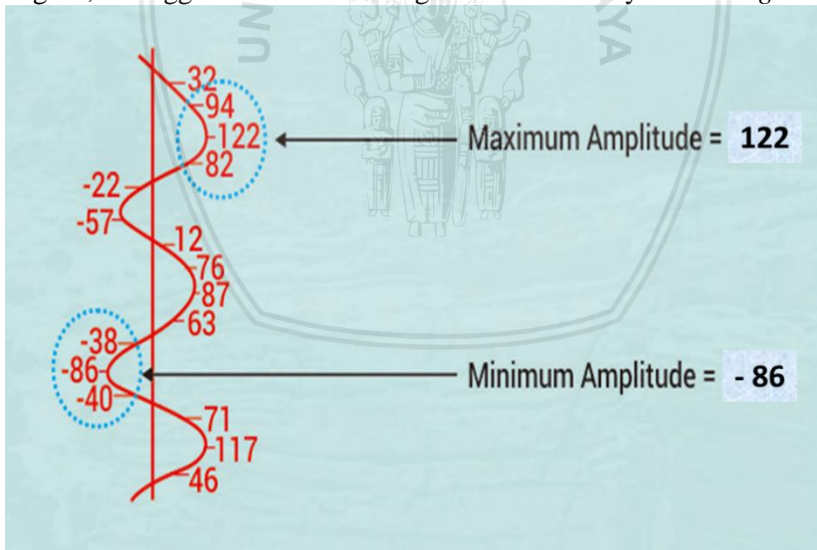


## 2.6 Seismik Atribut Amplitudo Maksimum dan Minimum

Atribut seismik adalah metode penyajian data dan analisa data seismik berdasarkan informasi utama yaitu informasi waktu, amplitudo, frekuensi, dan fase pada jejak seismik. Seismik atribut diperlukan untuk memperjelas anomali yang tidak terlihat secara kasat mata pada data seismik biasa.

Atribut berbasis amplitudo merupakan atribut dasar yang sering digunakan untuk pemetaan fasies dan kualitas reservoir. Secara umum, kegunaan utama metode seismik atribut berbasis amplitudo antara lain adalah untuk mengidentifikasi akumulasi gas dan fluida, gross litologi, gross porositas, keberadaan *channel* dan delta, ketidakselarasan, efek tuning dan perubahan sekuen stratigrafi.

Atribut amplitudo maksimum diekstrak dari suatu jendela analisis, kemudian seluruh nilai amplitudo didalam jendela analisis tersebut dibandingkan dengan nilai yang memiliki *trough negative* yang paling besar, sedangkan atribut amplitudo minimum adalah sebaliknya (Gambar 2.14). Atribut amplitudo maksimum sangat sensitif terhadap perubahan nilai amplitudo ekstrim yang bernilai negatif, sehingga cocok untuk mengidentifikasi adanya *shallow gas*.



**Gambar 2.14** Ilustrasi perhitungan atribut amplitudo maksimum dan minimum pada tras seismik (Sukmono, 2001).

## 2.7 AVO (*Amplitude Variation with Offset*)

AVO didefinisikan sebagai variasi amplitudo gelombang seismik sebagai fungsi sudut datang gelombang seismik, variasi sudut datang gelombang seismik umumnya berhubungan dengan offset antara sumber gelombang seismik (*transmitter*) dengan *receiver* (Veeken, 2007). Nilai reflektivitas pada sudut datang kecil (*near offset*) akan berbeda dengan reflektivitas pada sudut datang medium maupun jauh (*medium-far offset*). Hal tersebut tergantung pada jenis dan kasusnya, apakah itu *bright spot*, *dim spot* atau mungkin pembalikan polaritas. Oleh karena itu, metode AVO sangat cocok sebagai metode lanjutan dalam informasi mengenai isi dari lapisan reservoir yang memiliki dugaan terdapatnya hidrokarbon tertentu dalam data seismik.

Pada penelitian ini, analisis AVO dilakukan dengan menggunakan *intercept* dan *gradient*. *Intercept* didefinisikan sebagai amplitudo seismik pada *zero offset* atau *zero incidence* hingga sebelum sudut datang gelombang seismik terjauh, sementara *gradient* menunjukkan perubahan amplitudo seismik sebagai fungsi *angle of incidence* yang dihitung pada sudut datang gelombang seismik terjauh (*far offset*). Untuk mendapatkan *intercept* dan *gradient*, besarnya koefisien refleksi gelombang P sebagai fungsi *offset angle gather*  $R(\theta)$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan oleh Aki dan Richards (1980) yakni sebagai berikut:

$$R(\theta) = A + B\sin^2\theta + C\sin^4\theta \quad (2.7)$$

Dengan masing-masing koefisien adalah:

$$A = \frac{1}{2} \left[ \frac{\Delta V_p}{V_p} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right] \quad (2.8)$$

$$B = \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{V_p} - 4 \left[ \frac{V_s}{V_p} \right]^2 \frac{\Delta V_s}{V_s} - 2 \left[ \frac{V_s}{V_p} \right] \frac{\Delta \rho}{\rho} \quad (2.9)$$

$$C = \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{V_p} \quad (2.10)$$

$$\Delta V_p = V_{p2} - V_{p1} \quad (2.11)$$

$$\Delta V_s = V_{s2} - V_{s1} \quad (2.12)$$

$$\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1 \quad (2.13)$$

Keterangan :

$A$	=	<i>intercept</i>
$B$	=	<i>gradient</i>
$C$	=	<i>curvature</i>
$\theta$	=	sudut datang gelombang seismik
$\Delta V_p$	=	rerata kecepatan gelombang P (m/s)
$V_{p1}$	=	kecepatan gelombang P pada lapisan 1 (m/s)
$V_{p2}$	=	kecepatan gelombang P pada lapisan 2 (m/s)
$\Delta V_s$	=	rerata kecepatan gelombang S (m/s)
$V_{s1}$	=	kecepatan gelombang S pada lapisan 1 (m/s)
$V_{s2}$	=	kecepatan gelombang S pada lapisan 2 (m/s)
$\Delta \rho$	=	rerata densitas (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_1$	=	densitas lapisan 1 (kg/m <sup>3</sup> )
$V_{s2}$	=	densitas lapisan 2 (kg/m <sup>3</sup> )

Dalam pengaplikasiannya di lapangan, analisis AVO pada saat identifikasi nilai *intercept* dan *gradient* suatu lapisan batuan biasanya hanya menggunakan dua suku pertama dan kedua saja yang dituliskan dalam bentuk:

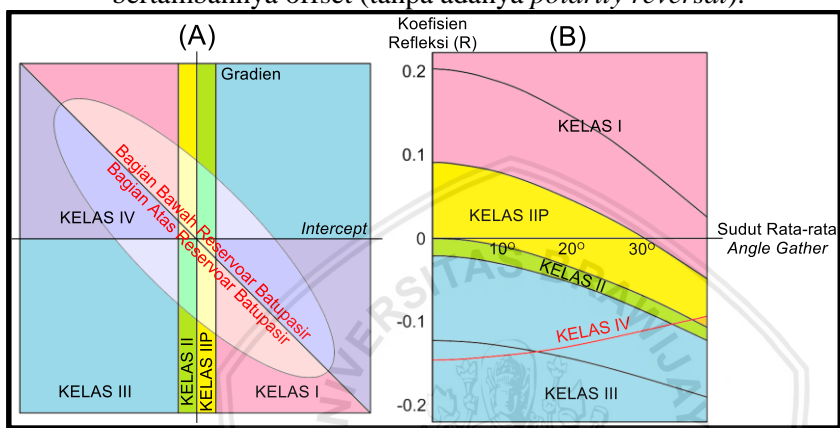
$$R(\theta) = A + B \sin^2 \theta \quad (2.14)$$

dengan  $A$  (*intercept*) adalah besar koefisien refleksi pada *offset* nol yang dipengaruhi oleh parameter  $\rho$  dan  $V_p$ . Sedangkan  $B$  (*gradient*) merupakan fungsi parameter  $V_p$ ,  $V_s$ , dan  $\rho$  yang mempunyai pengaruh yang besar terhadap perubahan amplitudo gelombang.

Dalam praktiknya, analisis AVO dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu plot antara *intercept* dan *gradient* serta plot antara koefisien refleksi dengan sudut datang gelombang seismik (Gambar 2.15) (Hall, 2011):

1. Kelas I: ditandai oleh adanya amplitudo seismik positif yang besar, namun semakin berkurang seiring dengan bertambahnya *offset*.
2. Kelas II: ditunjukkan oleh keberadaan amplitudo seismik negatif yang kecil dan semakin negatif seiring dengan bertambahnya *offset*.
3. Kelas IIP: ditandai oleh adanya amplitudo seismik positif yang lebih kecil daripada kelas I, namun semakin berkurang seiring dengan bertambahnya *offset* hingga pada akhirnya

- amplitudo tersebut bernilai negatif (terdapat *polarity reversal*).
- 4. Kelas III: ditunjukkan oleh adanya amplitudo seismik negatif yang besar dan semakin negatif seiring dengan bertambahnya offset.
- 5. Kelas IV: direpresentasikan oleh adanya amplitudo seismik negatif yang besar, namun semakin berkurang seiring dengan bertambahnya offset (tanpa adanya *polarity reversal*).



**Gambar 2.15** Pembagian kelas-kelas AVO berdasarkan pada (A) plot *intercept* dan *gradient*; (B) plot koefisien refleksi sebagai fungsi sudut datang gelombang seismik (Modifikasi dari Hall, 2011).

### 2.8 Perhitungan Volumetrik Gas

Ada beberapa persamaan yang dipakai para geosaintis dalam melakukan perhitungan volumetric gas (*original gas in place*) salah satunya ialah persamaan dari Carr tahun 1986 dimana perhitungan volumetrik gas menggunakan persamaan sebagai berikut (Carr, 1986):

$$G = 43560Ah\Phi(1-S_w)/B_{gi} \tag{2.14}$$

Keterangan:

- G = OGIP (SCF)
- 43560 = faktor konversi dari acre-ft ke ft<sup>3</sup>
- B<sub>gi</sub> = faktor volume formasi untuk gas pada kondisi awal (RES ft<sup>3</sup>/SCF).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan Mei 2016 hingga September 2016 di *PT. China National Offshore Oil Company (CNOOC) SES Ltd ISEB Tower 1, 19<sup>th</sup> Floor, Jl. Jendral Sudirman Kav. 52-53 Jakarta – Indonesia.*

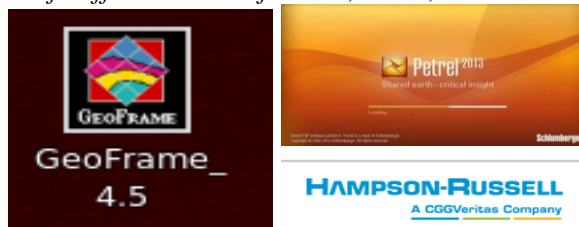
### 3.2 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, zona prospek *shallow gas* ditentukan dari analisa atribut maksimum - minimum dan *Amplitude Variation with Offset (AVO)* yang dikalkulasi dengan ketebalan batu pasir sehingga dihasilkan volume *shallow gas* pada daerah penelitian serta pertimbangan jaraknya dengan platform terdekat. Penelitian ini berlanjut hingga perhitungan volumetrik gas biogenik dimana perhitungan volumetrik gas biogenik sangat penting dilakukan untuk penentuan prospek atau tidaknya cadangan gas di lapangan penelitian bagi pelaku industri migas.

### 3.3 Perlengkapan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan peralatan berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang meliputi:

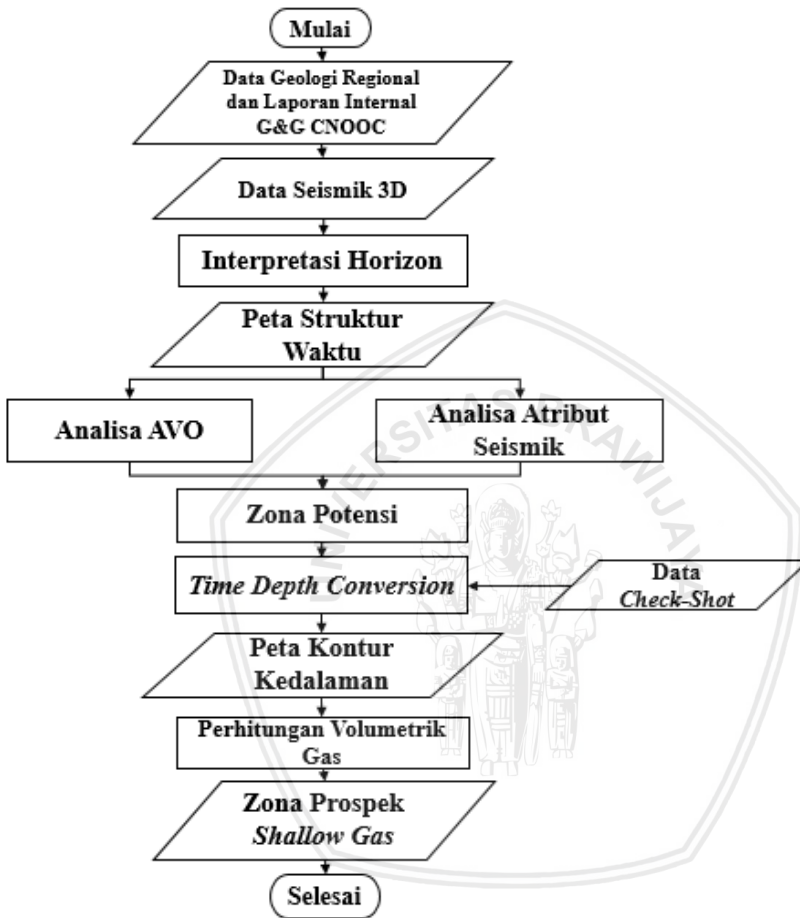
- a. Perangkat Keras (*Hardware*):
  - *Workstation HP Z620 Intel Xeon 4 Core 1600 MHz*
  - *Satu unit laptop ASUS X550D*
- b. Perangkat Lunak (*Software*) Gambar 3.1:
  - *GeoFrame 4.5*
  - *Petrel*
  - *Hampson Russel*
  - *Microsoft Office: Microsoft Word, Excel, dan Power Point*



**Gambar 3.1** *Software* yang digunakan dalam penelitian.

### 3.4 Langkah Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data dengan menggunakan data seismik 3D.



**Gambar 3.2** Diagram alir metode penelitian.

Tahapan metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.2 dengan penjelasan sebagai berikut.

#### 3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan meliputi studi regional geologi (Gambar 2.5) dan laporan aktivitas eksplorasi dan eksploitasi di daerah lapangan penelitian. Studi literatur ini dilakukan dengan tujuan

untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian secara detail. Berdasarkan hal tersebut, permasalahan dapat teridentifikasi serta mengetahui metode yang baik digunakan dalam pemecahan masalah yang terjadi.

### 3.4.2 Data Seismik 3 Dimensi

Data seismik 3D digunakan untuk memetakan fitur-fitur struktural maupun stratigrafi yang ada dibawah permukaan bumi. Fitur yang dimaksud tergambar dalam bentuk amplitudo seismik yang sejatinya menunjukkan perbedaan impedansi akustik antara dua lapisan batuan. Bila terdapat perbedaan yang kontras antara impedansi akustik tersebut, maka amplitudo *bright* akan dihasilkan, dalam penelitian ini *shallow gas* direpresentasikan oleh keberadaan amplitudo *bright* akibat perbedaan kontras antara batuan tudung yang berupa *shale* dengan batupasir yang merupakan reservoir. Keberadaan gas di dalam batupasir menyebabkan turunnya kecepatan gelombang P serta densitas secara signifikan, sehingga impedansi akustik batuan akan ikut berkurang dan bila dikombinasikan dengan *shale* yang tergolong keras, maka akan memunculkan amplitudo *bright*.

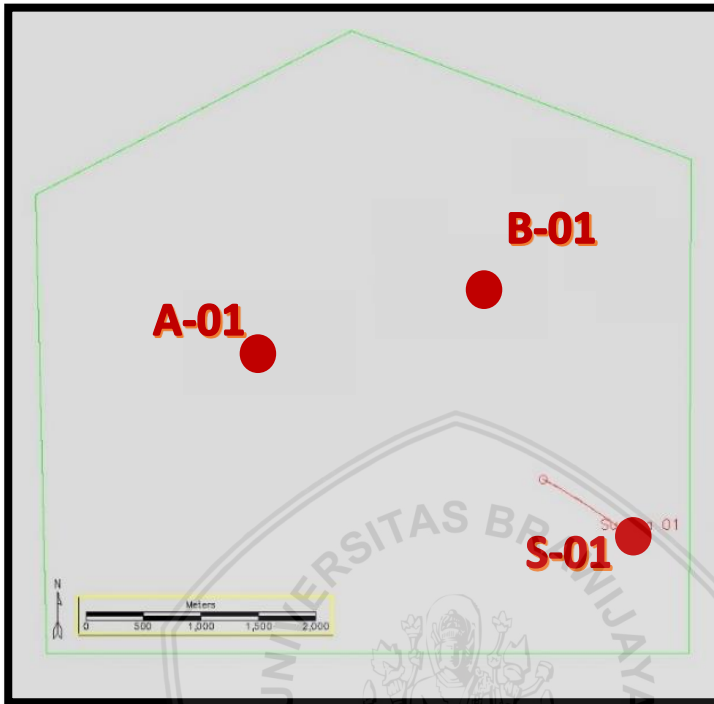
Data seismik yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismik 3D PSTM. Keterangan lain dari data seismik yang digunakan untuk penelitian ini yaitu:

- Luas area : 6725 acre
- Interval : Formasi Parigi
- Time : 460-563 ms
- Inline : 1404-1918
- Xline : 497-1049
- Frekuensi :  $f \approx 90$  Hz
- Velocity :  $v \approx 6470$  ft/s
- Resolusi seismik vertikal:

$$\lambda = v/f = 6470/90 = 72 \text{ ft}$$

$$\text{Tuning Thickness} = \lambda / 4 = 72/4 = 18 \text{ ft.}$$

Berikut (Gambar 3.3) merupakan gambar peta basemap pada lapangan penelitian. Peta basemap berfungsi untuk menunjukkan lokasi area penelitian dan posisi platform serta sumur A-01, B-01, dan S-01 pada lintasan seismik.



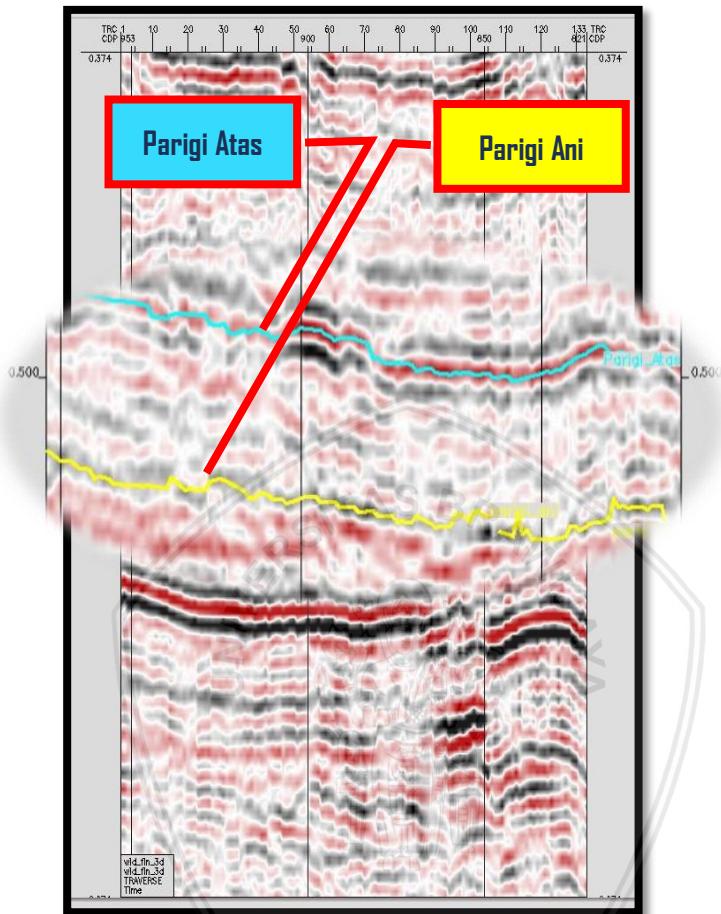
**Gambar 3.3** Peta Basemap daerah penelitian.

### 3.4.3 Interpretasi Horizon dan Patahan

Interpretasi horizon (*picking horizon*) dilakukan untuk melihat kemenerusan sebuah lapisan batuan yang ada dibawah permukaan bumi yang berguna untuk melihat sebaran serta geometri reservoir target. Interpretasi horizon (Gambar 3.4) pada penelitian ini dilakukan pada dua horizon yang terdiri dari Horizon Parigi Atas, dan Parigi Ani (bawah).

Sementara itu, interpretasi patahan (*fault picking*) dilakukan untuk memetakan diskontinuitas sebuah lapisan batuan yang disebabkan oleh aktivitas tektonik di masa lampau. Patahan-patahan yang ada dibawah permukaan bumi umumnya berkaitan dalam proses migrasi fluida hidrokarbon karena umumnya bidang patahan tersebut memiliki permeabilitas yang besar sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan fluida pada bidang tersebut, patahan juga dapat bersifat *sealing* yang nantinya akan menghambat perpindahan fluida hidrokarbon sehingga akumulasi fluida tersebut dapat terjadi.



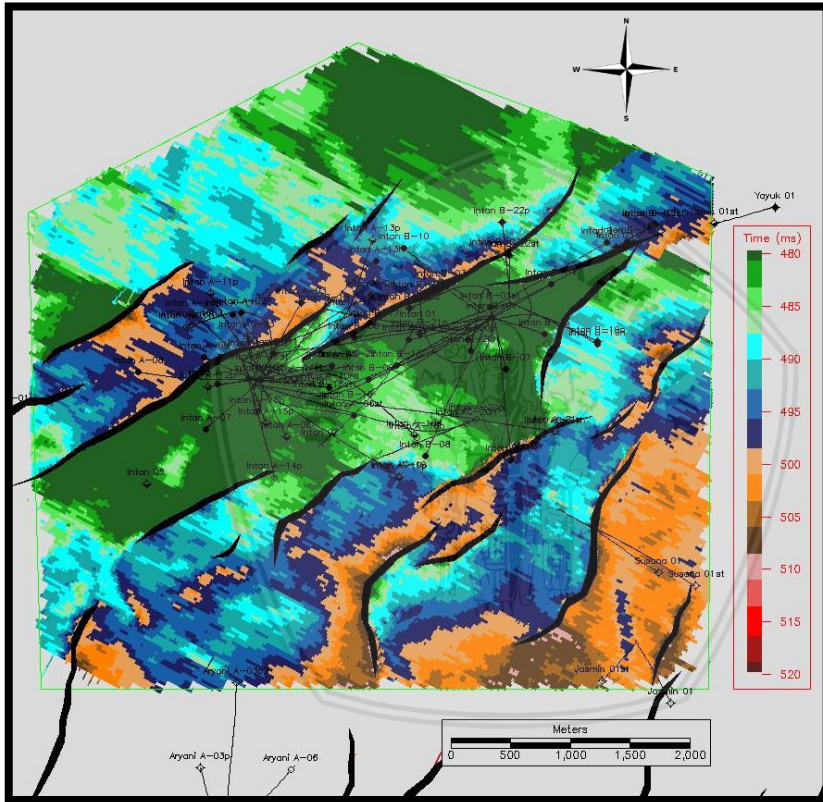


**Gambar 3.4** Interpretasi Horizon pada Parigi Atas dan Parigi Ani.

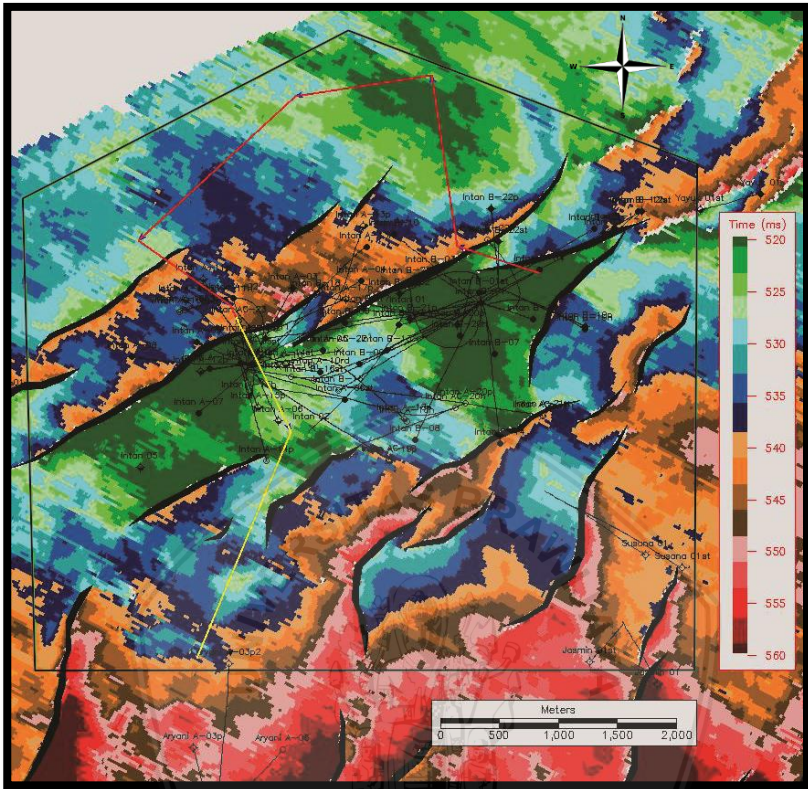
### 3.4.4 Peta Struktur Waktu

Merupakan sebuah peta yang menggambarkan kedalaman sebuah horizon sebagai fungsi waktu, umumnya dalam *two-way-time*. Peta ini dihasilkan setelah interpretasi horizon selesai dilakukan (Gambar 3.5). Interpretasi horizon yang dilakukan pada penelitian ini yaitu interpretasi horizon dengan pola grid 5x5 hingga 2x2. Interpretasi horizon dengan pola grid terkecil akan menghasilkan penampang peta struktur waktu yang bagus bila digunakan pada tahapan selanjutnya seperti tahapan atribut seismik maupun inversi.

Apabila horizon yang diinterpretasikan menunjukkan keberadaan reservoir, maka peta struktur waktu yang dihasilkan akan menunjukkan kedalaman reservoir tersebut sebagai fungsi waktu. Untuk menghasilkan peta struktur waktu yang baik, pemahaman mengenai geostatistika juga diperlukan karena setiap metode memiliki kekurangan serta kelebihan masing-masing. Peta struktur waktu yang baik seharusnya berkorelasi dengan pengetahuan akan pola stratigrafi horizon yang diinterpretasi serta kondisi geologi pada lokasi tersebut.



(a) Parigi Atas



(b) Parigi Ani

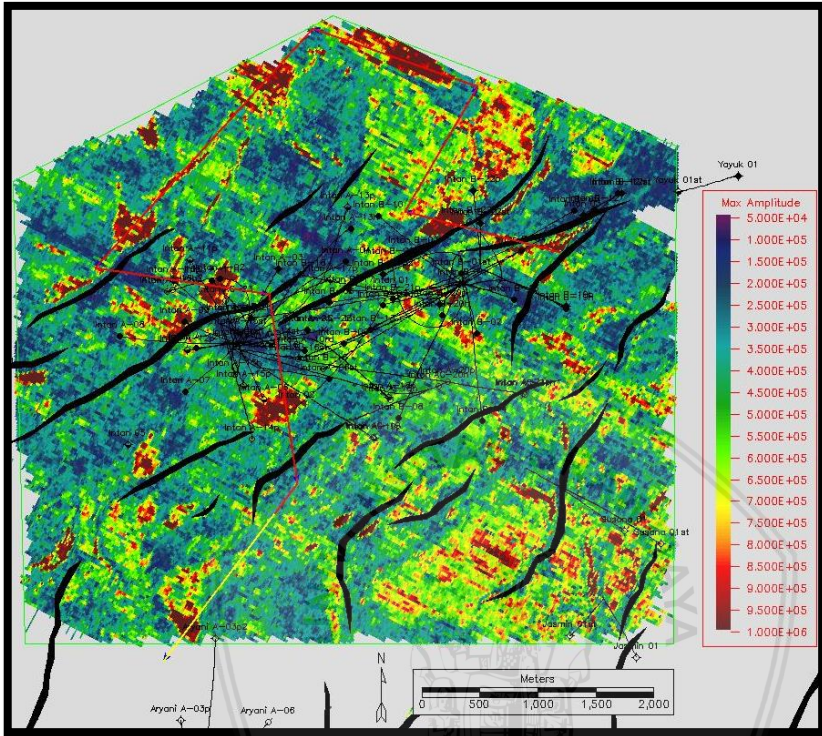
**Gambar 3.5** Peta Struktur waktu pada (a) Parigi Atas, dan (b) Parigi Ani.

### 3.4.5 Tahapan Atribut Seismik

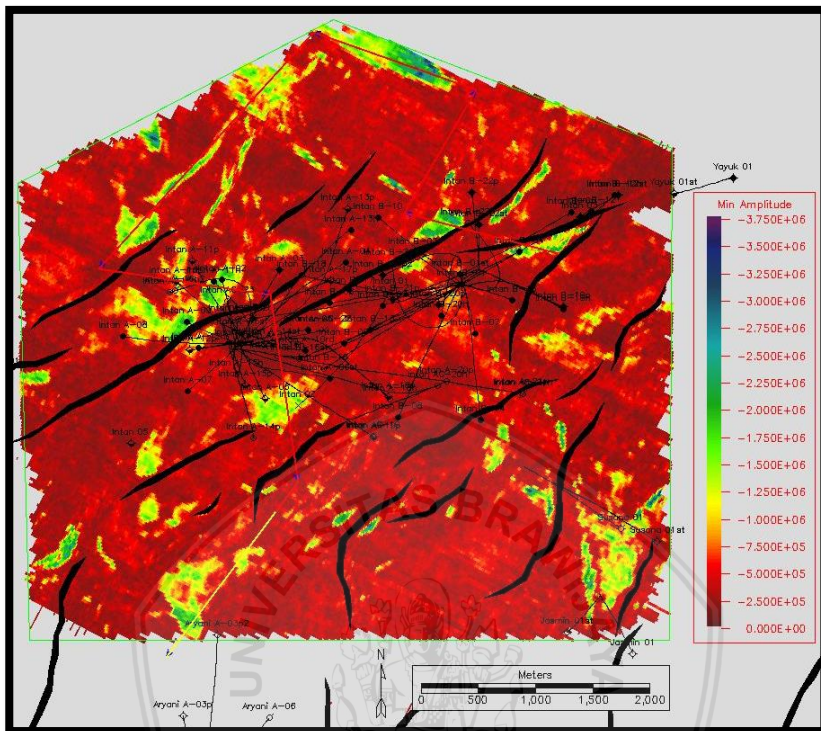
Atribut seismik umumnya berperan untuk mengidentifikasi anomali-anomali tertentu yang tidak dapat ditunjukkan oleh data seismik biasa. Pada penelitian ini (Gambar 3.6 dan 3.7), atribut yang digunakan adalah *minimum amplitude* yang menunjukkan batas atas reservoir (*top reservoir*) serta *negative amplitude* dan atribut *maximum amplitude* yang menunjukkan batas bawah reservoir (*base reservoir*) serta *positive amplitude*.

Atribut yang digunakan pada penelitian ini diekstrak dari interval (horizon) tertentu dan kemudian di plot pada sebuah peta,

sehingga sebaran amplitudo negatif (*trough*) yang berasosiasi dengan keberadaan *shallow gas* akan diketahui.

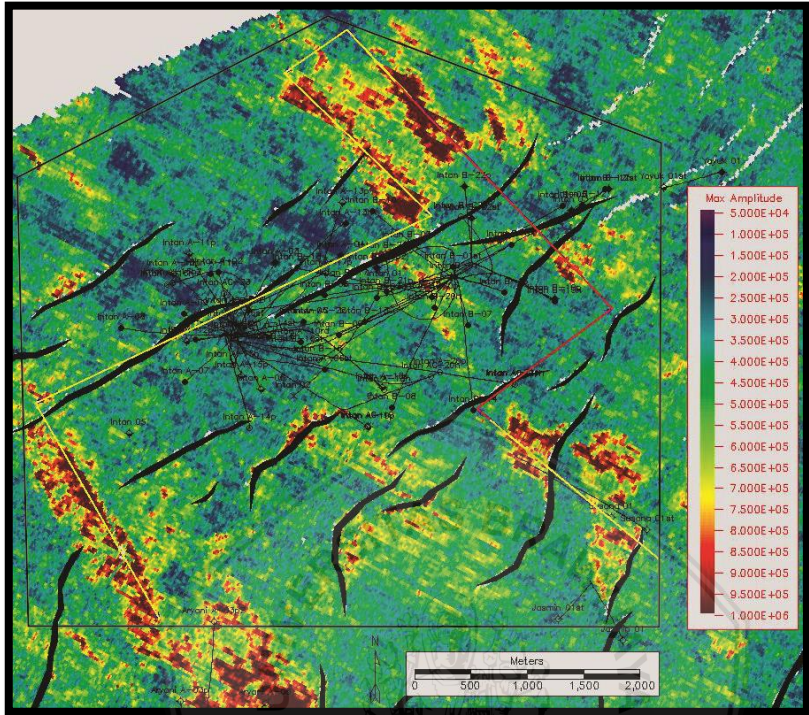


(a) Peta Atribut Amplitudo Maksimum pada Parigi Atas

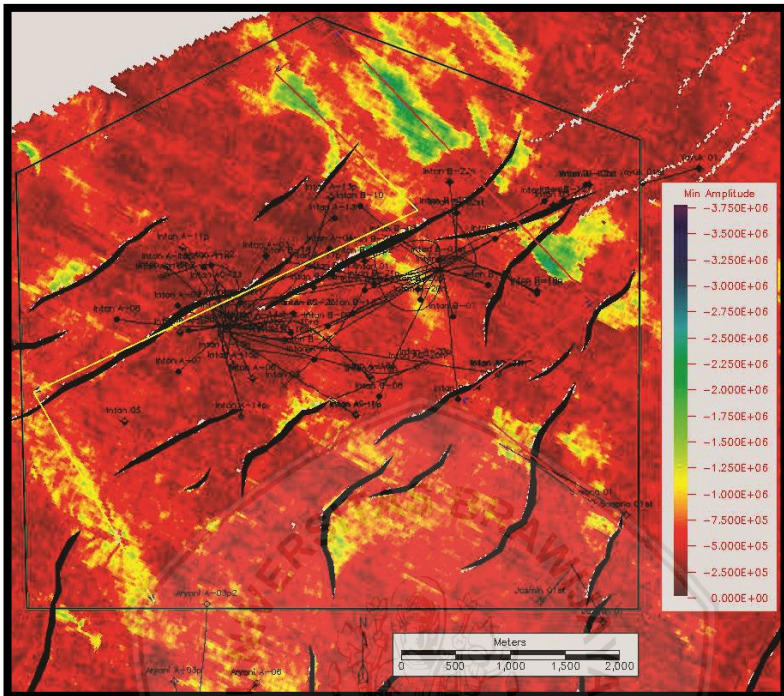


(b) Peta Atribut Amplitudo Minimum pada Parigi Atas.

**Gambar 3.6** Peta Atribut (a) Maksimum Amplitudo dan (b) Minimum Amplitudo pada Parigi Atas.



(a) Peta Atribut Amplitudo Maksimum pada Parigi Ani



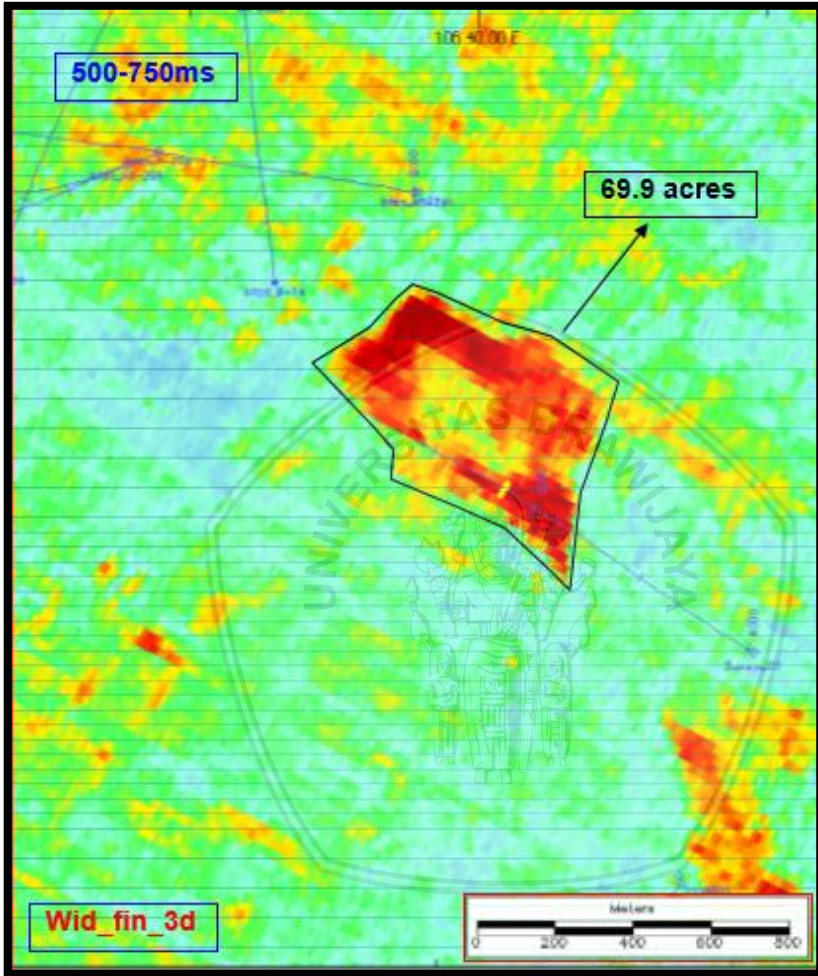
(b) Peta Atribut Amplitudo Minimum pada Parigi Ani  
**Gambar 3.7** Peta Atribut (a) Maksimum Amplitudo dan (b) Minimum Amplitudo pada Parigi Ani.

### 3.4.6 Tahapan Analisa *Amplitude Variation with Offset (AVO)*

*Amplitude variation with offset (AVO)* menunjukkan variasi amplitudo seismik sebagai fungsi offset (AVO) atau sudut datang gelombang seismik. Keberadaan reservoir yang mengandung *shallow gas* pada lokasi penelitian ditunjukkan oleh nilai amplitudo yang semakin membesar seiring dengan bertambahnya offset atau sudut datang gelombang seismik, sehingga masuk ke dalam AVO kelas III. Secara fisis, kelas AVO tersebut dimiliki oleh batas lapisan batuan dimana batuan yang berada diatas (batuan tudung – *shale*) memiliki sifat yang lebih keras ( $V_p$  dan  $\rho$  yang lebih besar, namun  $V_s$  yang lebih kecil) daripada reservoir yang berada dibawahnya.

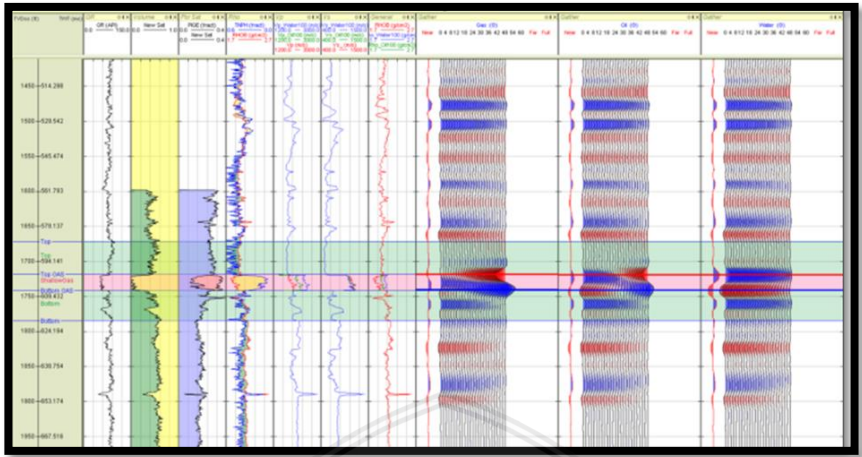
Penggunaan metode AVO ini juga dilakukan sebagai metode lanjutan setelah dilakukan analisa seismik atribut dan didapatkan area yang diduga terdapat reservoir *shallow gas* (Gambar 3.8). Dengan kata

lain, Analisa AVO juga digunakan untuk mengetahui kepastian bentukan anomali *brightspot* pada data seismik apakah memang terisi gas atau tidak.



(a) Atribut Seismik Amplitudo pada area S-01 yang menunjukkan adanya kontras amplitudo dari batuan sekitar, sehingga diduga terdapat reservoir berupa gas





- (b) Metode AVO digunakan untuk mengetahui kepastian bentuk anomali *brightspot* pada data seismik apakah memang terisi gas atau tidak

**Gambar 3.8** Tahapan Analisa AVO pada area S-01.

Berdasarkan gambar di atas (Gambar 3.8b) pada area S-01, didapatkan hasil bahwa area yang memiliki anomali amplitudo (*brightspot*) tersebut berada pada kelas III AVO dan positif mengandung gas.

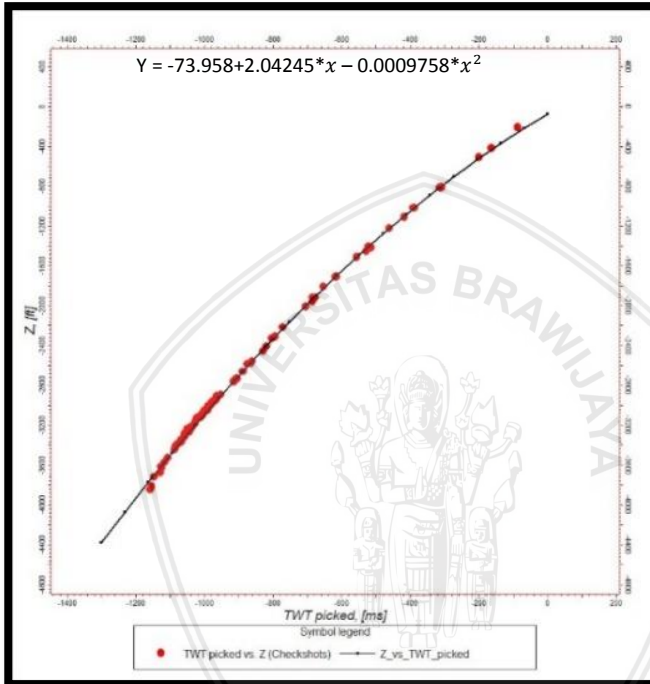
### 3.4.7 Konversi Domain Waktu Terhadap Kedalaman (Time to Depth Conversion)

*Time to depth conversion* (TDC) merupakan sebuah langkah yang dilakukan untuk mengubah referensi kedalaman data seismik yang awalnya merupakan fungsi waktu menjadi kedalaman, sehingga kedalaman sebenarnya dari sebuah target dapat diketahui. Pada penelitian ini, TDC dilakukan dengan memplot kedalaman reservoir target sebagai fungsi serta kedalaman. Dari plot tersebut, dapat ditarik sebuah garis persamaan yang menyatakan hubungan antara kedua domain kedalaman tersebut. Persamaan yang didapat dianggap mewakili horizon target, sehingga peta struktur waktu yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi peta struktur kedalaman dengan mengaplikasikan persamaan tersebut dengan peta struktur waktu sebagai inputnya. Selain untuk mengetahui kedalaman sesungguhnya dari sebuah target, TDC juga berperan pada perhitungan volumetrik minyak dan gas bumi.

Pada metode ini, persamaan yang didapatkan dari hubungan antara kedalaman sebagai fungsi waktu/TWT (ms) dan dalam fungsi kedalaman (ft) adalah (Gambar 3.9):

$$Y = -73.958 + 2.04245 * x - 0.0009758 * x^2$$

Persamaan ini kemudian digunakan untuk mengkonversi kedalaman dari domain ms ke ft sehingga didapatkan nilai kedalaman yang pasti pada lapangan penelitian.



**Gambar 3.9** Kurva persamaan konversi kedalaman (TDC) pada Lapangan Namamu.

### 3.4.8 Perhitungan Volumetrik Gas

Perhitungan volumetrik dilakukan untuk mengetahui total cadangan gas yang terakumulasi didalam suatu formasi batuan. Langkah ini sangat esensial dalam kegiatan eksplorasi minyak dan gas bumi karena berkaitan langsung dengan tingkat ke-ekonomis-an sebuah lapangan migas. Bila cadangan gas yang didapat dirasa kurang dari target yang diharapkan, lapangan tersebut dapat ditinggalkan oleh perusahaan yang memilikinya. Perhitungan volumetrik dapat dilakukan dengan menginterpretasi batas atas (*top*) serta batas bawah

(base) dari horizon reservoir target, sehingga ketebalan sebagai fungsi waktu akan didapatkan. Selanjutnya, ketebalan tersebut dikonversi menjadi fungsi kedalaman, sehingga ketebalan sesungguhnya dari reservoir target akan dapat diketahui. Langkah terakhir ialah mengombinasikan data ketebalan dengan data porositas serta saturasi gas yang akan menghasilkan perkiraan cadangan gas yang ada pada reservoir tersebut.

Perhitungan volumetrik gas menggunakan persamaan sebagai berikut (Carr, 1986):

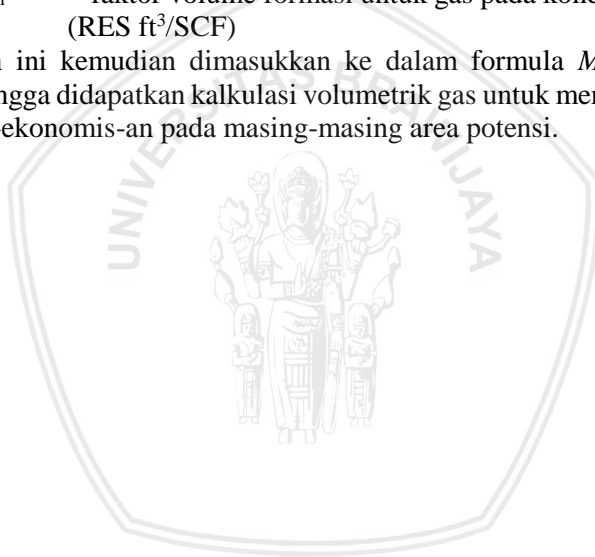
$$G = 43560Ah\Phi(1-S_w)/B_{gi}$$

dimana; G = OGIP (SCF)

43560 = faktor konversi dari acre-ft ke ft<sup>3</sup>

B<sub>gi</sub> = faktor volume formasi untuk gas pada kondisi awal (RES ft<sup>3</sup>/SCF)

Persamaan ini kemudian dimasukkan ke dalam formula *Microsoft Excel* sehingga didapatkan kalkulasi volumetrik gas untuk mengetahui tingkat ke-ekonomis-an pada masing-masing area potensi.



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



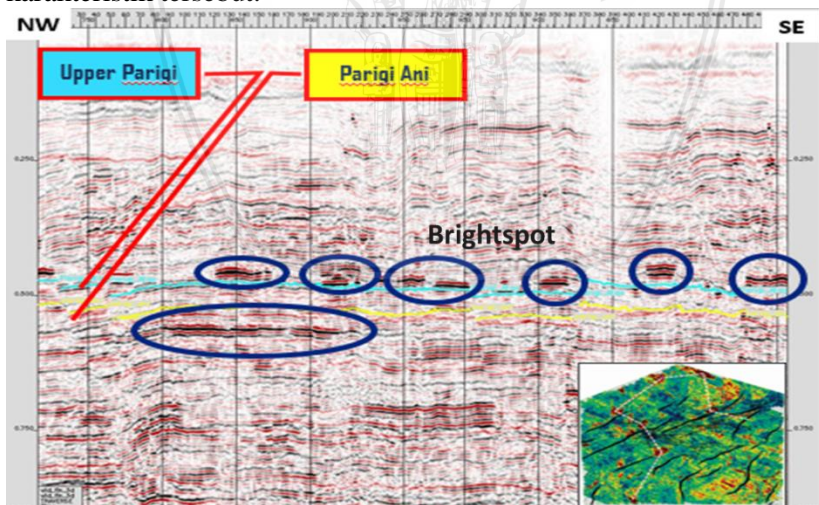
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Interpretasi Awal

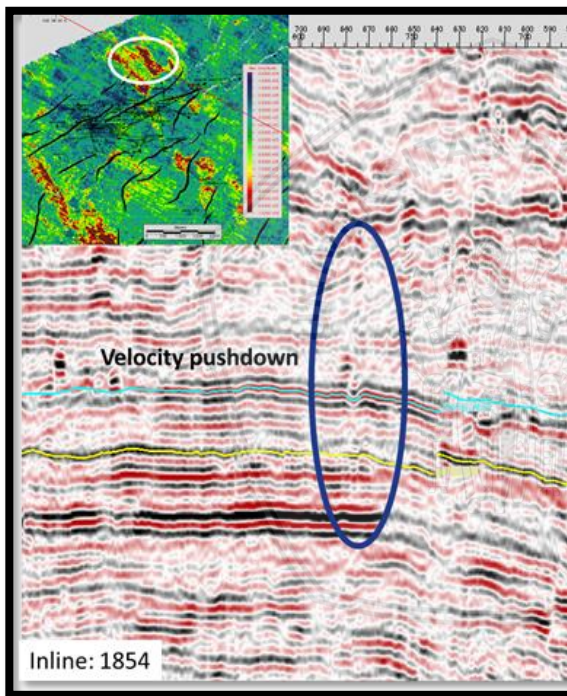
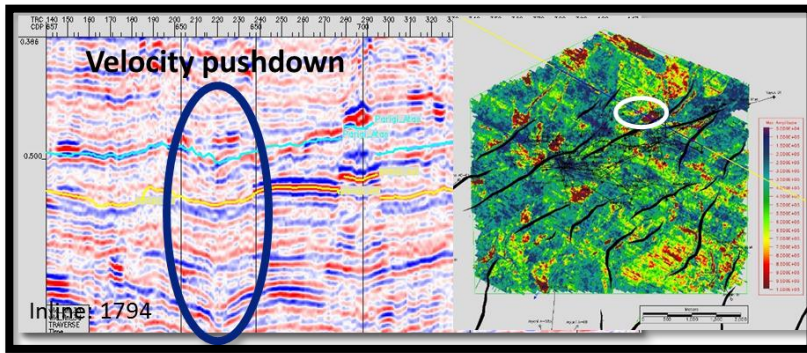
Penelitian ini merupakan salah satu proyek penelitian yang dilakukan bersama CNOOC SES Ltd yang dilakukan karena terdapat beberapa data yang mengindikasikan adanya *shallow gas* pada lapangan penelitian. Data-data tersebut terkumpul dalam data literatur yang terdiri dari data regional geologi dan laporan internal. Berikut merupakan penjelasan mengenai interpretasi awal indikasi keberadaan *shallow gas*.

#### 4.1.1 Interpretasi Awal Keterdapatan *Shallow Gas* Pada Data Seismik di Lapangan Namamu

Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.4 mengenai karakteristik *shallow gas* yang berada pada kedalaman  $\pm 1$  km dari permukaan tanah (Veeken, 2007), dan memiliki ciri-ciri adanya beberapa anomali seperti adanya *brightspot*, *velocity pushdown*, dan *gas chimney* (Schroet, 2002). Pada horizon yang cenderung dangkal di lapangan Namamu (Gambar 4.1) juga dijumpai adanya beberapa karakteristik tersebut.



- (a) Keterdapatan karakteristik berupa anomali *brightspot* yang ditunjukkan pada lingkaran berwarna biru pada lapangan Namamu.



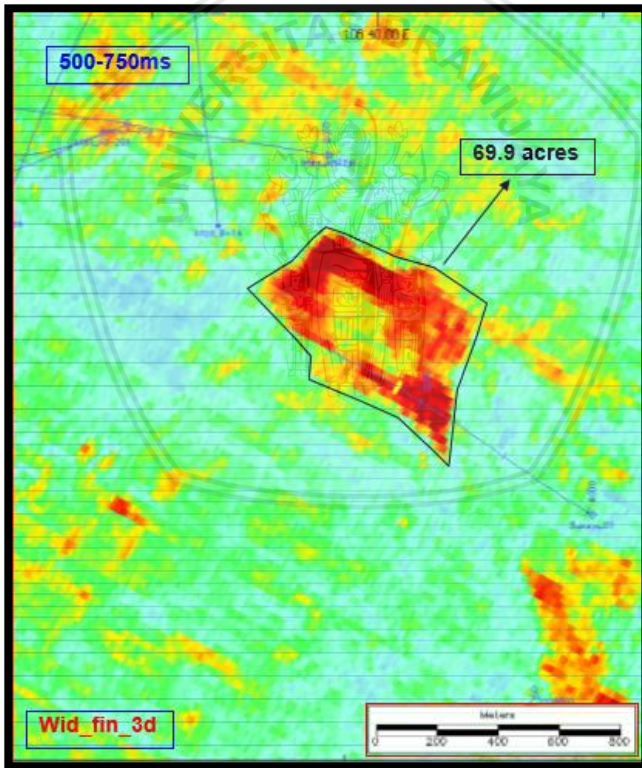
(b) Keterdapatn karakteristik berupa anomali *velocity pushdown* yang ditunjukkan pada lingkaran berwarna biru pada lapangan Namamu.

**Gambar 4.1** Indikasi Awal Keterdapatn *Shallow Gas* pada Data Seismik di Lapangan Namamu.

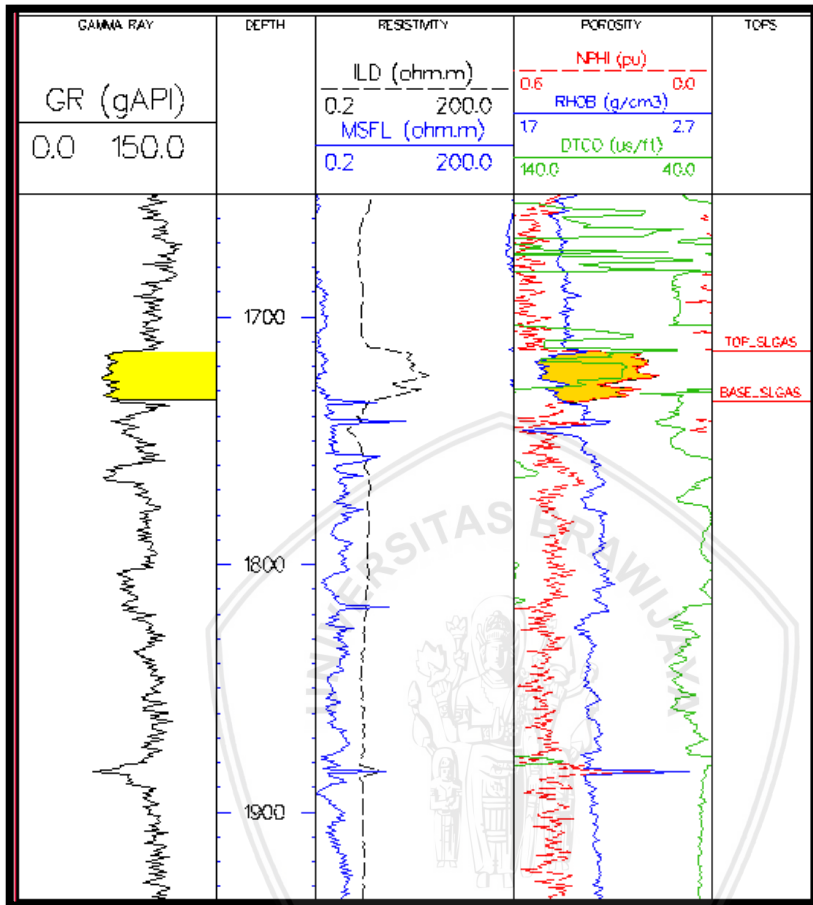
#### 4.1.2 Identifikasi AVO pada Area S-01

Area S-01 merupakan satu-satunya area yang mana pada data seismiknya terdapat anomali *brightspot* di horizon dangkal dan dilewati oleh sumur (Gambar 4.2). Hal ini sangat jarang ditemukan

karena sejak dahulu, area *shallow gas* diyakini sebagai *hazard* yang harus dihindari ketika dilakukan pemboran oleh orang-orang perminyakan maupun geologi. Keyakinan tersebut dikarenakan *shallow gas* berada di horizon yang cenderung dangkal dimana dia *unconsolidated* dan memiliki tekanan (*pressure*) yang tinggi. Sehingga, akan berbahaya jika dilewati oleh sumur bor karena bisa menyebabkan bencana pemboran (*blowout*). Seiring berjalannya waktu, keyakinan tersebut akhirnya pudar setelah dilakukan penelitian dan uji coba yang akhirnya berhasil dan bisa memproduksi gas dalam jumlah yang cukup besar. Beberapa contoh lapangan yang berhasil memproduksi *shallow gas* di Indonesia adalah lapangan Tunu, lapangan Bentu, lapangan Madura dan lapangan Arjuna yang merupakan tetangga dari lapangan Namamu di sebelah timur Cekungan Asri.

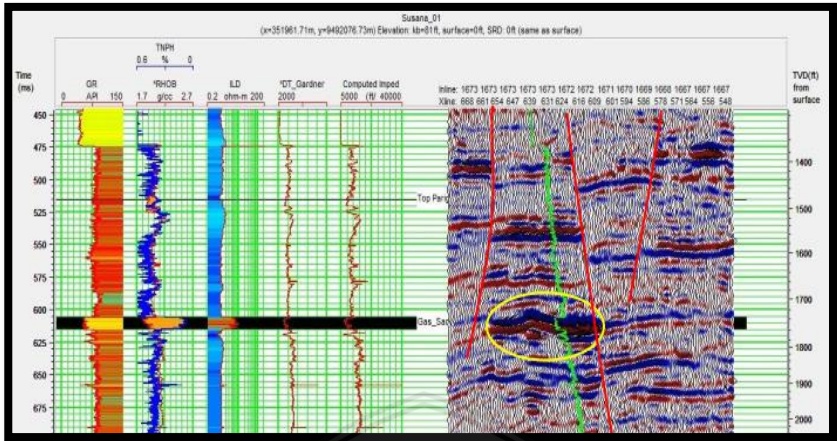


(a) Letak Area S-01 dan indikasi adanya anomali amplitudo pada peta atribut seismik amplitudo maksimum



(b) Korelasi data log densitas, resistivitas dan porositas yang menunjukkan indikasi adanya reservoir sand yang terakumulasi oleh gas biogenik dalam zona dangkal pada sumur S-01





(c) Hasil analisa AVO didapatkan informasi bahwa anomali *brightspot* pada sumur S-01 merupakan AVO kelas III dan positif mengandung gas

**Gambar 4.2** Letak Area S-01 dan indikasi adanya anomali amplitudo serta keberadaan gas pada data log.

Dari gambar di atas (Gambar 4.2), didapatkan informasi bahwa pada area S-01 yang berada di lapangan Namamu, secara berturut-turut menunjukkan adanya indikasi keberadaan gas yang terlihat oleh anomali kontras amplitudo pada hasil atribut seismik dan pola *butterfly* di zona yang cenderung dangkal kedalamannya (log sumur NPHI-RHOB) serta merupakan gas reservoir ditunjukkan dengan hasil berupa AVO kelas III.

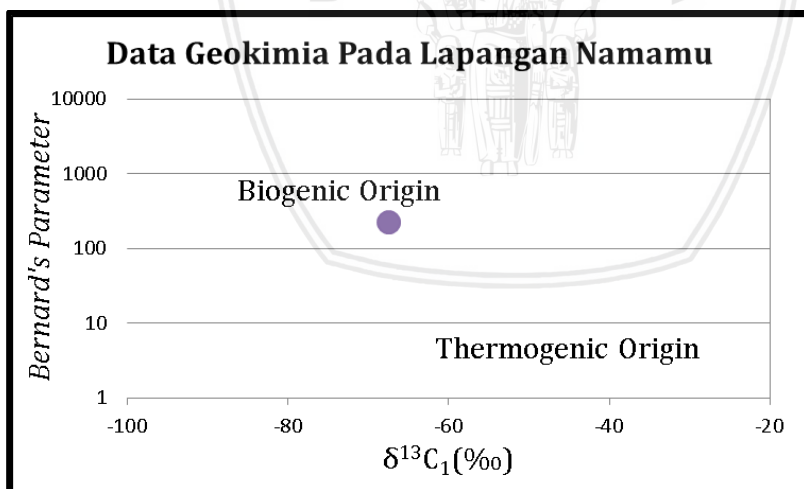
#### 4.1.3 Data Geokimia pada Area Sumur C-23

Analisis geokimia dilakukan untuk mengetahui tipe gas yang ditemukan pada lokasi penelitian (Lampiran 1). Adapun data geokimia yang dimaksud berupa komposisi gas ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ,  $\text{C}_7\text{H}_{16}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , dan  $\text{N}_2$ ) dan isotop karbon ( $\delta^{13}\text{C}_1$ ). Untuk mengetahui proses geologi yang menghasilkan gas di bawah permukaan bumi, hasil analisis geokimia gas harus dinormalisasi terlebih dahulu untuk diambil nilai gas hidrokarbon saja. Hasil analisis geokimia disajikan pada Tabel 4.1., terlihat bahwa gas pada lokasi penelitian berasal dari proses biogenik karena tingginya komposisi metana (*dry gas*) yaitu lebih dari 99%, rendahnya *gas wetness*, serta

nilai isotop karbon yang lebih negatif dari -60‰. Untuk mem-validasi hasil yang telah didapatkan, plot antara isotop karbon dan *Bernard's parameter* dibuat (Gambar 4.3). Berdasarkan kedua hasil tersebut, gas yang ditemukan pada lokasi penelitian adalah murni berasal dari proses biogenik, tanpa adanya campuran dari gas thermogenik.

Nama Gas	Persen Mol	Normalisasi Metana
C <sub>1</sub>	98.85	99.50
C <sub>2</sub>	0.25	0.41
C <sub>3</sub>	0.03	0.045
iC <sub>4</sub>	0.01	0.015
nC <sub>4</sub>	0	-
iC <sub>5</sub>	0	-
nC <sub>5</sub>	0	-
C <sub>6</sub>	0.01	0.015
C <sub>7</sub>	0.01	0.015
CO <sub>2</sub>	0.31	-
H <sub>2</sub> S	0	-
N <sub>2</sub>	0.53	-
<i>Gas Wetness</i>		<b>0,5%</b>
<i>Bernard's Parameter</i>		<b>224.66</b>

**Tabel 4.1** Hasil analisis geokimia gas pada lokasi penelitian.



**Gambar 4.3** Plot antara isotop karbon dan *Bernard's parameter* pada lokasi penelitian.

## 4.2 Analisa Atribut Seismik

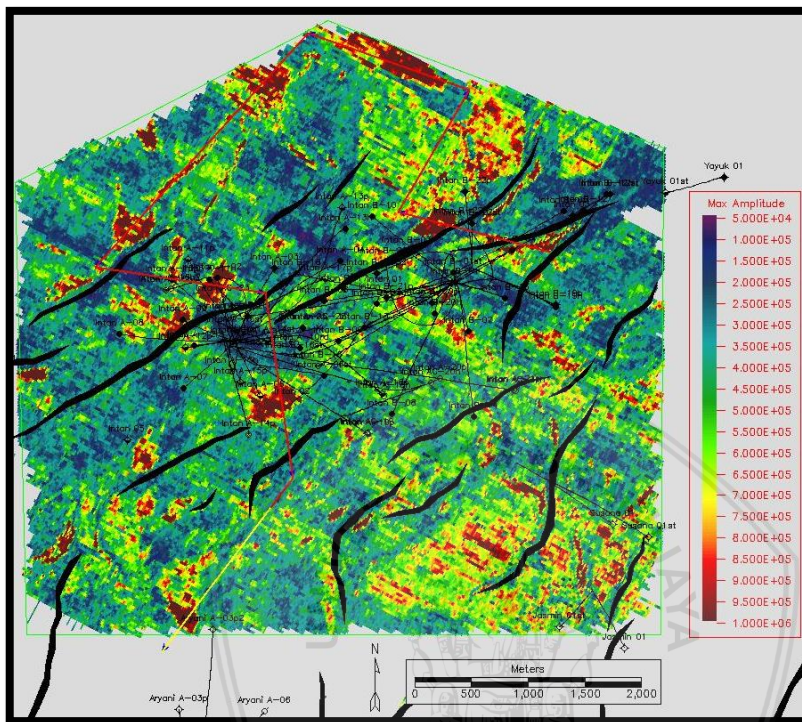
Analisis atribut seismik (*maximum amplitude*) dilakukan untuk memetakan sebaran daerah yang memiliki anomali amplitudo (*bright amplitude*) dengan memanfaatkan *horizon slice* dari horizon yang telah *dipick* sebelumnya. Hasil analisis atribut seismik pada Parigi Atas disajikan pada Gambar 4.4, sementara hasil analisis atribut seismik pada Parigi Ani disajikan pada Gambar 4.6. Pada Parigi Atas, terlihat ada beberapa daerah yang memiliki amplitudo *bright* (ditunjukkan oleh warna merah – Gambar 4.5) dengan total luasan 295.79 acre (1.197 km<sup>2</sup>). Anomali amplitudo juga ditemukan pada Parigi Ani (Gambar 4.6 dan 4.7) dengan total luasan 267.59 acre (1.0828 km<sup>2</sup>).

Pada keempat gambar tersebut, terlihat bahwa tidak seluruh anomali amplitudo yang *bright* merupakan zona reservoir yang mengandung gas, namun ada pula yang berupa batubara (*coal*). Densitas serta kecepatan gelombang P reservoir batupasir serta batubara umumnya cenderung lebih rendah daripada batuserpih yang menjadi *cap rock*, sehingga menghasilkan anomali pada amplitudo seismik, namun terdapat perbedaan yang signifikan pada kecepatan gelombang S, dimana kecepatan gelombang S reservoir batupasir umumnya lebih besar dari lapisan batubara maupun batuserpih (lapisan batubara memiliki kecepatan gelombang S terendah). Variasi pada kecepatan gelombang S tersebut akan mempengaruhi amplitudo seismik pada sudut besar (*far angle*) yang merupakan bagian dari analisis AVO, sehingga untuk mengurangi ketidakpastian dalam kegiatan eksplorasi hidrokarbon akibat keberadaan batubara, metode AVO pun dilakukan. Penggunaan AVO dalam penelitian ini akan dibahas pada sub-bab selanjutnya.

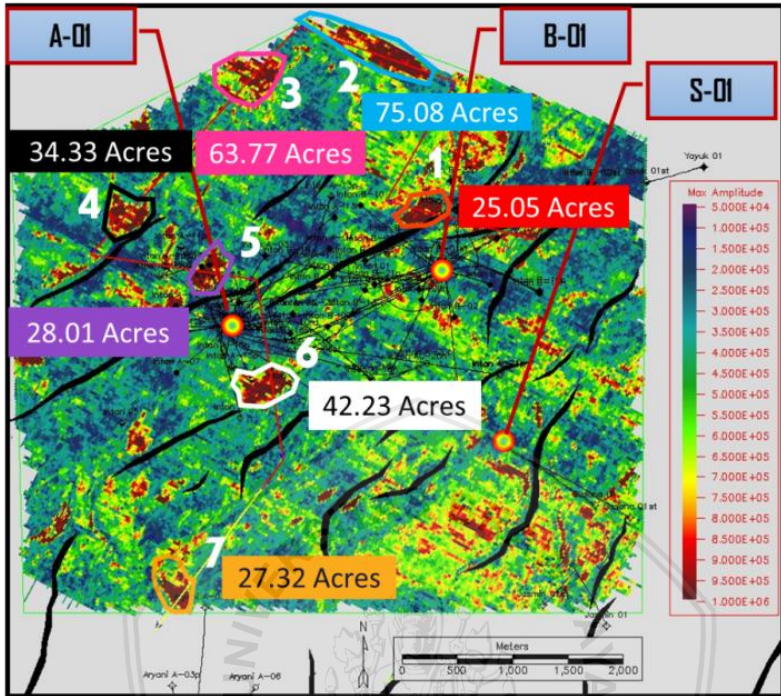
## 4.3 Analisa AVO

Analisa AVO dilakukan untuk memisahkan anomali amplitudo seismik yang ditunjukkan oleh reservoir batupasir dengan lapisan batubara akibat miripnya karakter amplitudo seismik yang dimiliki oleh keduanya terutama pada data PSTM biasa. Pada *near angle* (*intercept*), kedua anomali amplitudo seismik yang dimiliki oleh keduanya cenderung mirip, namun akibat adanya perbedaan fisis antara kecepatan gelombang S reservoir batupasir dan lapisan batubara, amplitudo seismik keduanya akan berbeda pada *far angle*,

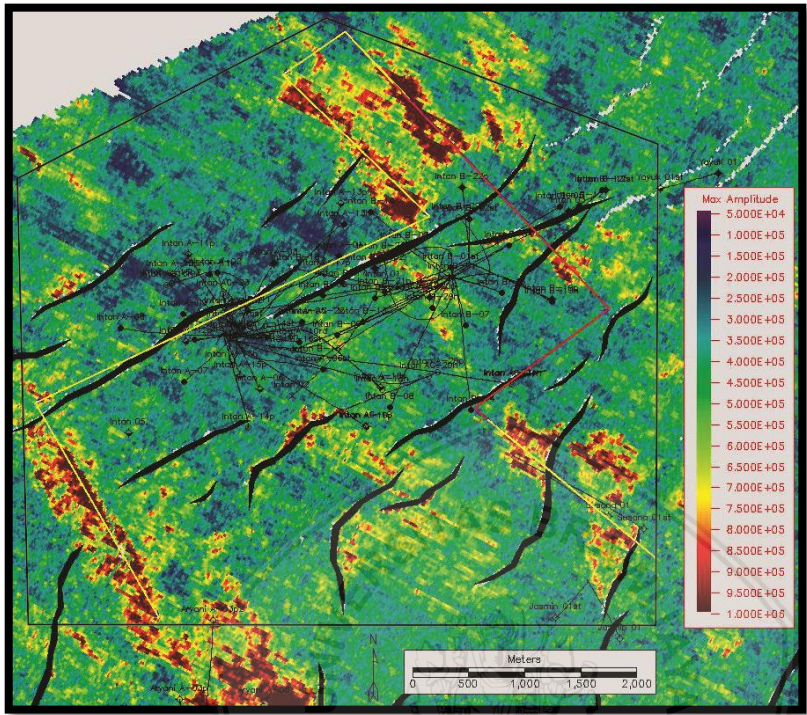
sehingga *gradient* AVO yang dimiliki oleh kedua batuan tersebut akan berbeda.



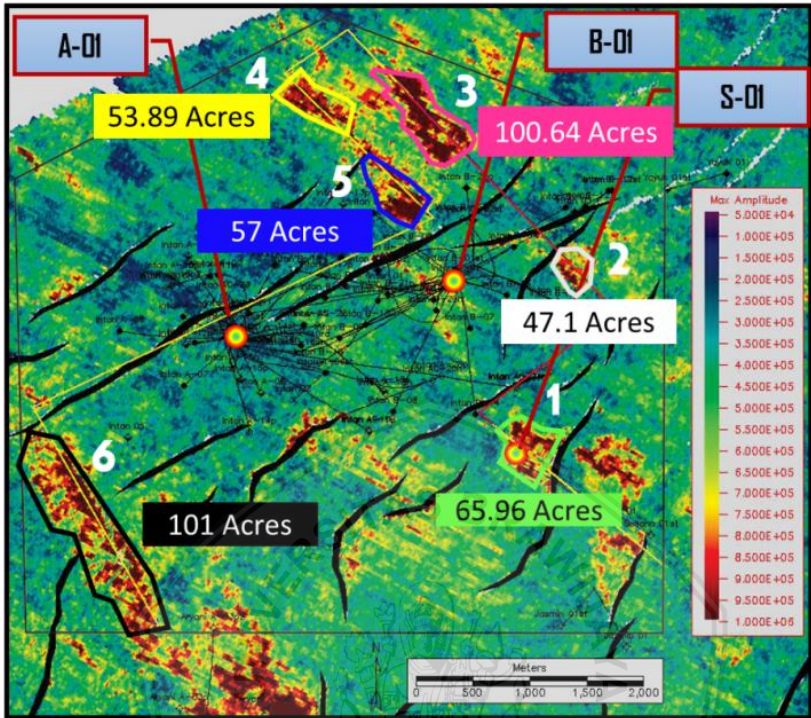
**Gambar 4.4** Hasil analisa atribut seismik *maximum amplitude* pada Parigi Atas.



**Gambar 4.5** Zonasi daerah potensi dengan anomali amplitudo seismik pada Parigi Atas.



**Gambar 4.6** Hasil analisa atribut seismik *maximum amplitude* pada Parigi Ani.



**Gambar 4.7** Zonasi daerah potensi dengan anomali amplitudo seismik pada Parigi Ani.

### 4.3.1 Analisa AVO Pada Formasi Parigi Atas

Horizon Formasi Parigi Atas ditunjukkan oleh warna cyan pada Gambar 4.8. Terlihat adanya beberapa amplitudo *bright* pada bagian dari Formasi Parigi tersebut, namun jika membandingkan amplitudo seismik pada data PSTM, *near angle* (*intercept*), serta *gradient* amplitudo pada *near* dan *far angle*, terlihat bahwa tidak seluruh anomali amplitudo muncul di lokasi yang sama. Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan properti fisis batuan.

Reservoir batupasir umumnya memiliki amplitudo *bright* pada setiap data yang disajikan, sementara lapisan batubara umumnya memiliki amplitudo *dim* pada *far angle* (direpresentasikan oleh amplitudo *dim* pada data *gradient*). Untuk memperjelas anomali yang ditunjukkan oleh reservoir batupasir, metode P\*G pun digunakan. Nilai *intercept* serta *gradient* reservoir batupasir cenderung negatif, sehingga hasil kali antara keduanya akan menjadi positif; sementara

itu nilai *intercept* lapisan batubara cenderung negatif, namun nilai *gradient* cenderung positif, sehingga  $P^*G$  lapisan batubara adalah negatif.



**Gambar 4.8** Data amplitudo seismik pada data seismik PSTM, *intercept* (*near angle*), *gradient* (mewakili *far angle*), dan  $P^*G$ .

Gambar 4.8 ini juga merupakan data amplitudo seismik pada data seismik yang telah dilakukan analisa AVO, dimana didapatkan hasil pada daerah yang dilingkari warna biru bahwa nilai  $P^*G$  atau perkalian antara *intercept* dan gradien-nya menghasilkan produk yang positif terdapat gas. Untuk Analisa AVO daerah-daerah potensi pada Parigi Atas (Gambar 4.5), didapatkan hasil bahwa semua daerah potensi tersebut produk AVO-nya positif gas biogenik (Lampiran 2). Dalam gambar tersebut, penulis memfokuskan pada hasil kontras amplitudo pada masing-masing data seismik yang berada dalam tanda lingkaran. Sedangkan angka-angka yang tertera di atas bar seismik memang sengaja disamarkan karena merupakan data krusial dari tempat penelitian.

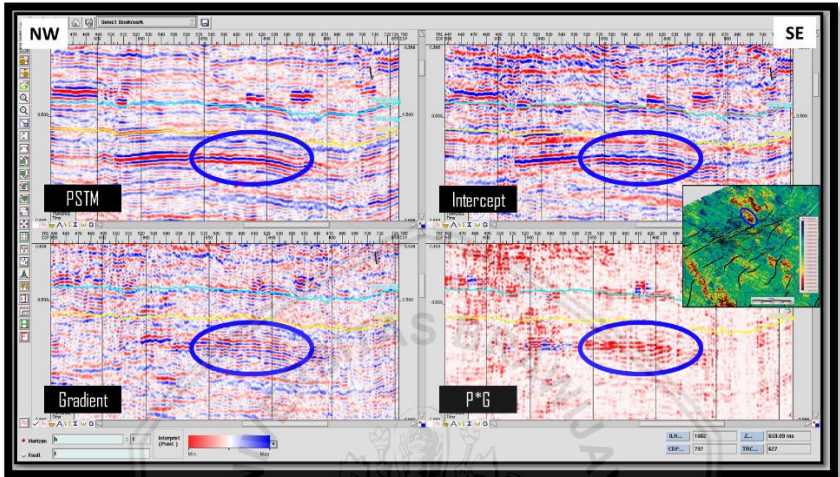
#### 4.3.2 Analisa AVO Pada Formasi Parigi Ani

Perbedaan amplitudo seismik juga dijumpai pada Parigi Ani. Sama seperti pada Parigi Atas, analisa AVO juga dilakukan pada masing-masing daerah yang dianggap berpotensi mengandung gas (Gambar 4.7).

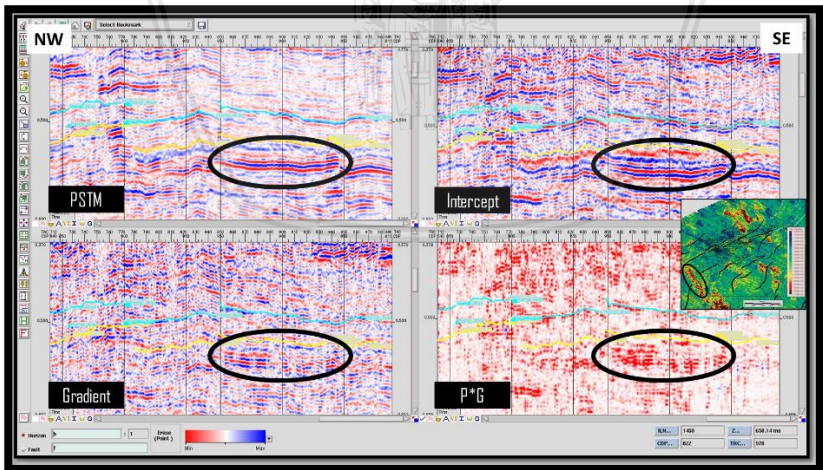
Dari analisa AVO yang telah dilakukan (Lampiran 3), terdapat dua daerah potensi (Area 5 dan 6) yang menunjukkan hasil produk



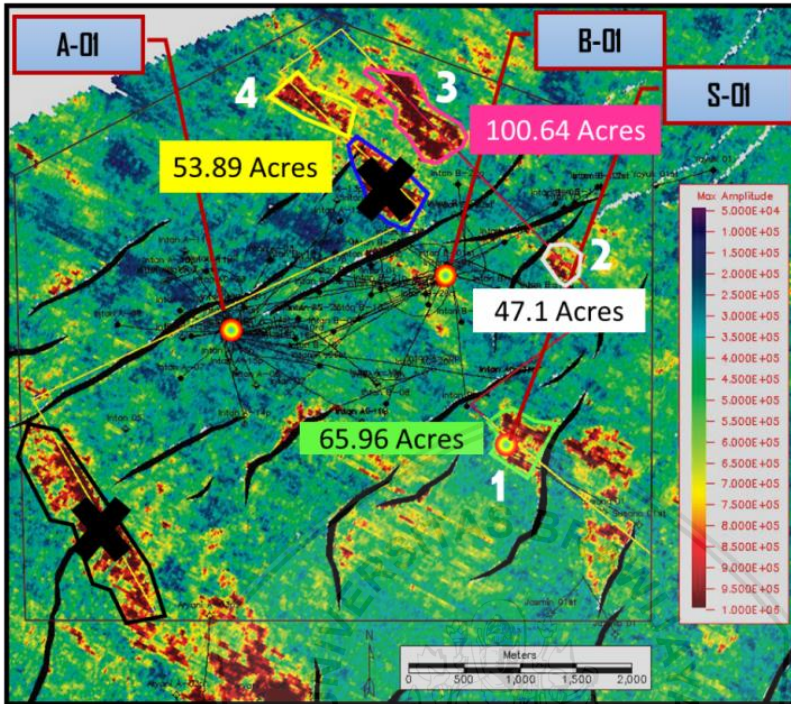
AVO negatif gas. Pada gambar 4.9 dan 4.10, anomali *brightspot* pada data seismik tersebut (daerah lingkarang biru dan hitam) menunjukkan hasil produk AVO yang negatif gas. Sehingga, dalam analisa AVO pada horizon Parigi Ani, didapatkan hasil bahwa keberadaan gas hanya berada pada area potensi 1,2,3, dan 4 (Gambar 4.11).



**Gambar 4.9** Data amplitudo seismik Area 5 dengan hasil AVO P\*G Negatif Gas.



**Gambar 4.10** Data amplitudo seismik Area 6 dengan hasil AVO P\*G Negatif Gas.



**Gambar 4.11** Zonasi daerah dengan anomali amplitudo seismik pada Formasi Parigi Ani. Tanda X menunjukkan anomali amplitudo seismik yang dihasilkan oleh keberadaan batubara.

Berdasarkan hasil yang didapat pada Parigi Atas maupun Parigi Ani, terlihat bahwa analisis AVO berhasil digunakan untuk memisahkan anomali amplitudo yang dimunculkan oleh keberadaan reservoir batupasir serta batubara, terlebih lagi metode P\*G dinilai sangat sensitif untuk memisahkan anomali kedua litologi tersebut sehingga diharapkan bahwa keberhasilan eksplorasi gas biogenik di lokasi penelitian akan meningkat.

#### 4.4 Perhitungan Volumetrik Gas Biogenik Lapangan Namamu

Penentuan zona yang memiliki prospek gas biogenik untuk dikembangkan dilakukan dengan mengkombinasikan atribut seismik, AVO, hasil *time depth conversion* serta luasan reservoir gas tersebut yang mana nantinya akan dihitung besarnya jumlah cadangan gas *in place* (OGIP) serta jarak dari *platform* terdekat. Gambar 4.7 menunjukkan zonasi daerah potensial pada Parigi Atas, sementara

Gambar 4.11 menunjukkan zonasi daerah potensial pada Parigi Ani. Dari analisa AVO yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa terdapat tujuh zona potensial pada Parigi Atas dan empat zona potensial pada Parigi Ani dengan luasan yang berbeda-beda.

Dari beberapa zona potensial tersebut kemudian diseleksi lagi berdasarkan besarnya jumlah cadangan yang ada pada masing-masing area potensi serta jaraknya dengan platform terdekat, apabila memenuhi kriteria, maka zona potensial tersebut akan dianggap sebagai zona prospek.

Perhitungan cadangan volumetrik gas biogenik dilakukan dengan mengombinasikan data petrofisika serta luasan zona prospek yang didapatkan melalui analisis atribut seismik serta analisis AVO. Hasil perhitungan volumetrik gas biogenik pada Parigi Atas disajikan pada Tabel 4.2 sementara hasil perhitungan volumetrik gas biogenik untuk Parigi Ani disajikan pada Tabel 4.3.

Zona	Luasan (acre)	Tebal (ft)	$\phi$	$S_w$	Bgi	OGIP (MMSCF)
1	25.05	18	0.347	0.433	1.05	3.6
2	75.08	38	0.347	0.433	1.05	23.4
3	63.77	27	0.347	0.433	1.05	13.9
4	34.33	19	0.347	0.433	1.05	5.4
5	28.01	42	0.347	0.433	1.05	9.5
6	42.23	48	0.347	0.433	1.05	16.6
7	27.32	38	0.347	0.433	1.05	8.6
<b>Total Cadangan Gas Biogenik</b>						<b>81.1</b>

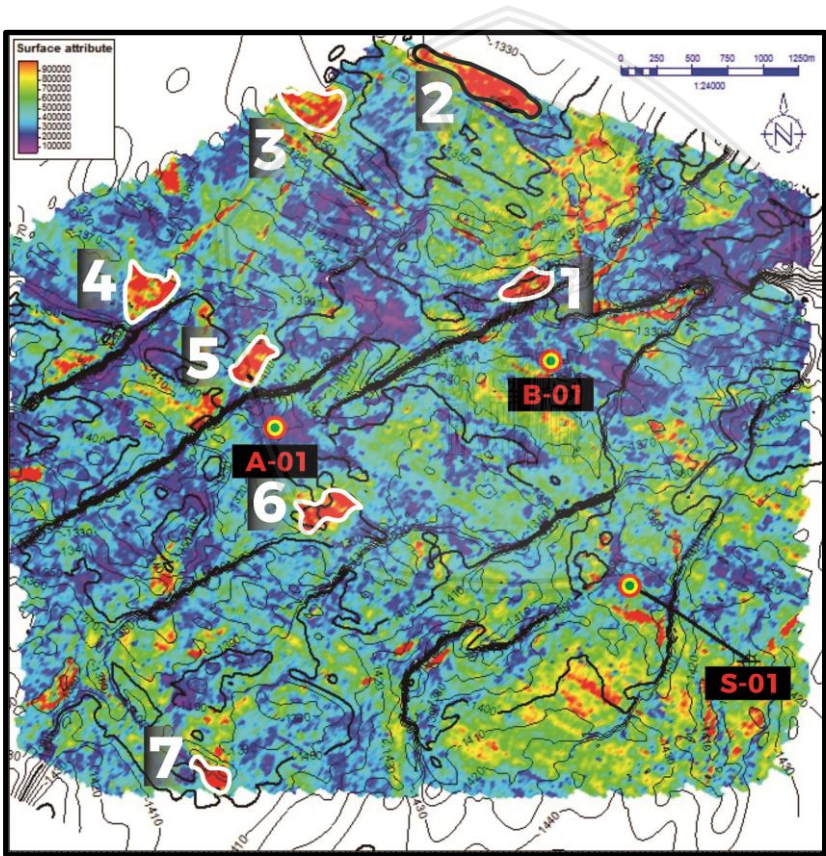
**Tabel 4.2** Data petrofisika serta hasil perhitungan volumetrik gas biogenik pada Parigi Atas.

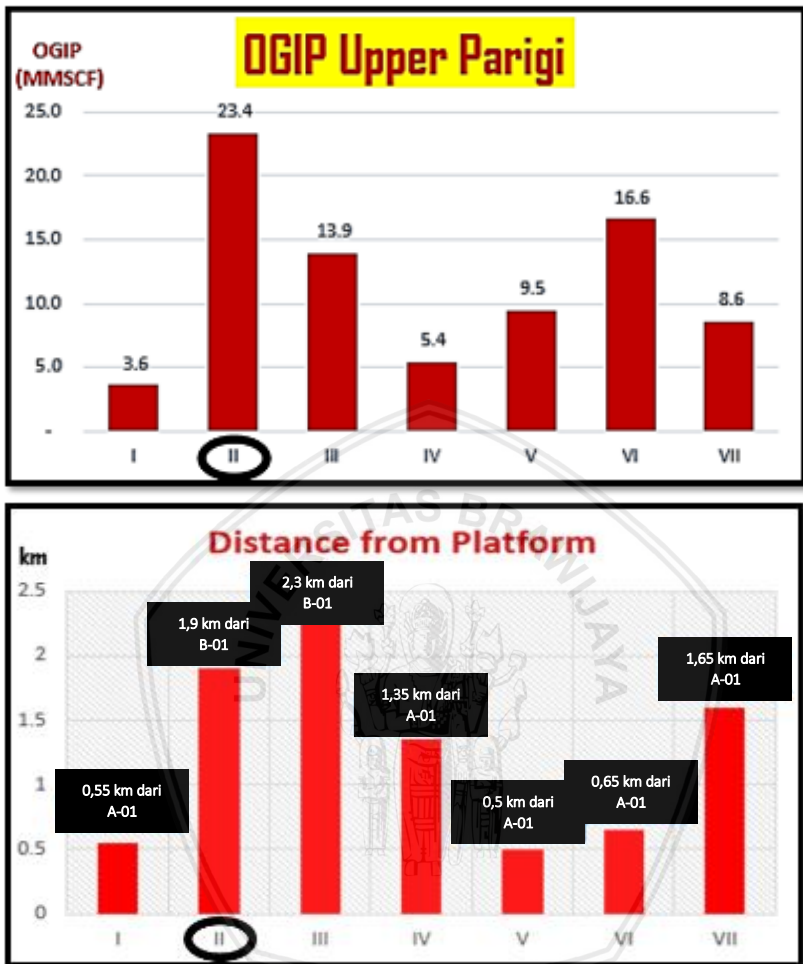
Zona	Luasan (acre)	Tebal (ft)	$\phi$	$S_w$	Bgi	OGIP (MMSCF)
1	65.96	32	0.347	0.433	1.05	17.4
2	47.10	28	0.347	0.433	1.05	10.6
3	100.64	38	0.347	0.433	1.05	31.1
4	53.89	47	0.347	0.433	1.05	20.8
<b>Total Cadangan Gas Biogenik</b>						<b>79.9</b>

**Tabel 4.3** Data petrofisika serta hasil perhitungan volumetrik gas biogenik pada Parigi Ani.

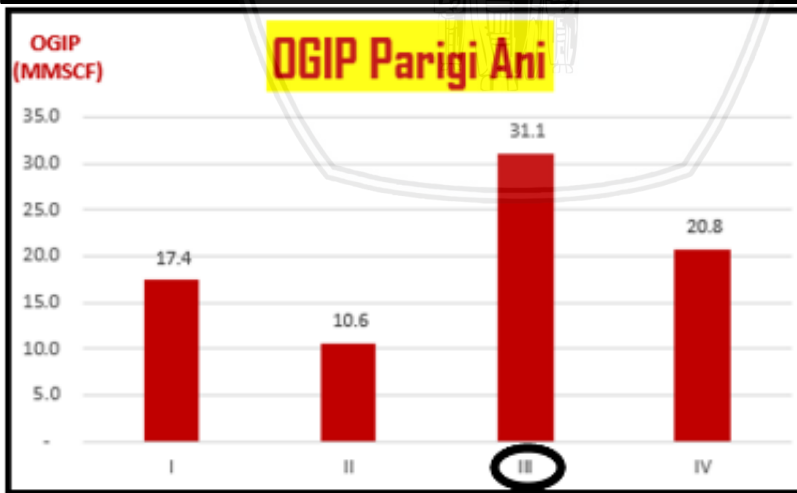
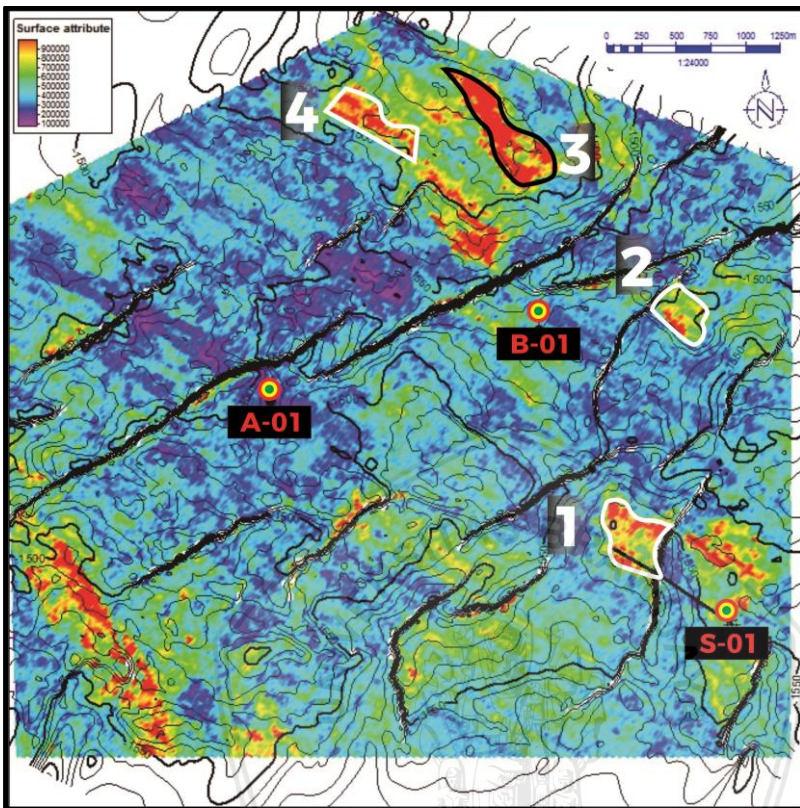
#### 4.5 Penentuan Zona Prospek Pada Lapangan Namamu

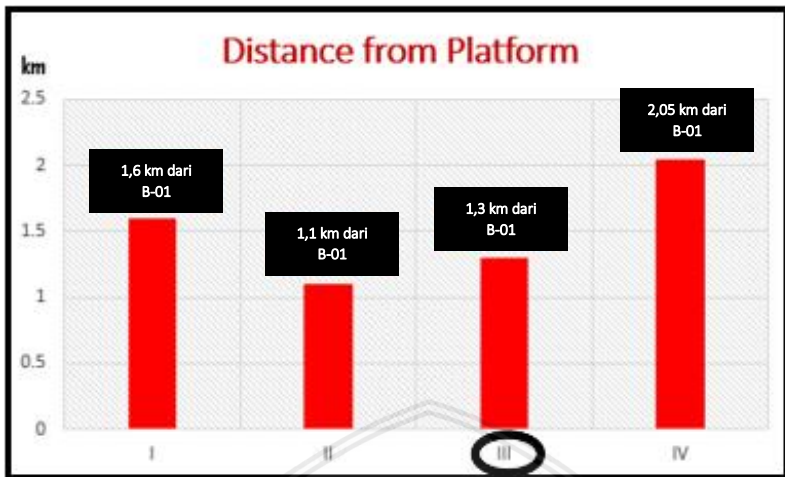
Berdasarkan hasil perhitungan volumetric cadangan gas pada setiap area potensi serta jarak antara area potensial tersebut dengan *platform* fasilitas gas terdekat, maka diambil keputusan bahwa area 2 pada Parigi Atas serta area 3 Parigi Ani memenuhi kriteria untuk menjadi zona yang prospek untuk dikembangkan karena cadangan gas yang cenderung lebih besar daripada area potensial lainnya yaitu sebesar 23.4 serta 31.1 MMSCF. Selain itu, jaraknya yang lebih dekat dengan *platform* fasilitas gas terdekat juga menjadi nilai plus dalam penentuan zona prospek pada masing-masing horizon tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh lingkaran berwarna hitam pada gambar 4.12 dan 4.13.





Gambar 4.12 Penentuan zona prospek pada Parigi Atas.



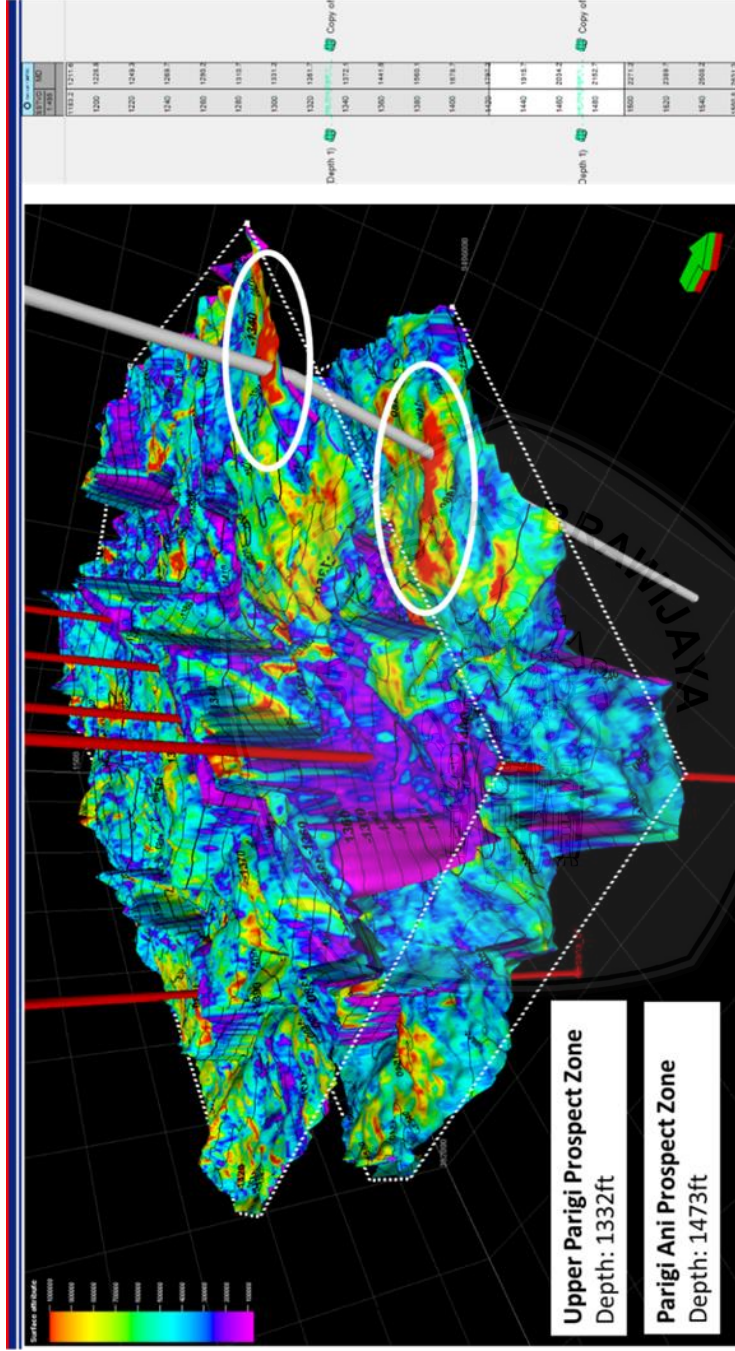


**Gambar 4.13** Penentuan zona prospek pada Parigi Ani

Apabila dilihat dari kedua zona prospek pada masing-masing horizon, baik pada horizon Parigi Atas maupun Parigi Ani, dapat diketahui bahwa lokasi zona prospek yang didapatkan berada pada koordinat yang berdekatan yaitu di bagian ujung utara lokasi penelitian. Oleh karena itu, penulis mencoba untuk memperlihatkan lebih lanjut dengan menggunakan peta 3 dimensi pada gambar 4.15.

Dalam gambar tersebut (Gambar 4.15) terlihat jelas bahwasanya lokasi zona prospek kedua area masih dalam satu koordinat yang berdekatan, sehingga apabila dilakukan produksi maka akan mendapatkan hasil produksi dua kali lipat yaitu dari reservoir gas biogenik pada interval Parigi Atas dan Parigi Ani. Hal ini merupakan suatu keberuntungan yang sangat bagus dalam penelitian mengenai identifikasi zona prospek *shallow gas* pada lapangan Namamu ini.

Gambar 4.15 juga menunjukkan lokasi sumur pemboran baru yang penulis rekomendasikan untuk mengembangkan zona-zona prospek tersebut. Tipe sumur pemboran yang direkomendasikan penulis adalah *deviated well* akibat adanya perbedaan posisi horizontal kedua zona prospek tersebut, hal ini tentunya akan memungkinkan untuk dapat memproduksi gas dari kedua zona prospek tersebut dengan hanya menggunakan satu sumur saja.



**Gambar 4.15** Lokasi sumur pengembangan zona prospek 2 (Parigi Atas) dan 3 (Parigi Ani) pada Lapangan Namamu



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebaran potensi keberadaan *shallow gas* pada Lapangan Namamu yang telah diinterpretasi menggunakan metode seismik atribut maksimum dan minimum serta analisa AVO adalah:
  - a. Pada Parigi Ani terdapat 4 daerah potensi, sedangkan
  - b. Pada Parigi Atas terdapat 7 daerah potensi.
2. Perhitungan Volumetrik yang telah didapatkan untuk mengevaluasi zona prospek *shallow gas* adalah sebagai berikut:
  - a. Total gas biogenk pada Parigi Ani sebesar 81.1 MMSCF (Kedalaman: 1443-1533 ft).
  - b. Total gas biogenk pada Parigi Atas sebesar 79.9 MMSCF (Kedalaman: 1309-1379 ft).
3. Zona prospek yang diperoleh dari analisa pada penelitian ini didapatkan bahwa:
  - a. Zona prospek pada Parigi Ani berada pada area ke-3 dengan nilai OGIP sebesar 31,1 MMSCF dan jarak area tersebut dari *platform* terdekat (B-01) adalah sejauh 1,3 km.
  - b. Zona prospek pada Parigi Atas berada pada area ke-2 dengan nilai OGIP sebesar 23,4 MMSCF dan jarak area tersebut dari *platform* terdekat (B-01) adalah sejauh 1,9 km.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Perlu dilakukannya integrasi atau perpaduan antara *mud log* – *electric log* dengan hasil analisa data seismik yang telah dilakukan pada penelitian ini. Hal itu penting dilakukan untuk mengevaluasi secara pasti potensi *shallow gas* pada lapangan Namamu.
2. Dilakukan pengeboran dengan target pada formasi Parigi dan Air Benakat di sekitar zona prospek yang telah didapatkan.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., 2014. *Ensiklopediaseismik*. Available at: <http://ensiklopediaseismik.com> [Accessed 21 Oktober 2016].
- Aki, K., & Richards, P. G. (1980). *Quantative seismology: Theory and methods*. New York, 801.
- Avseth, P. 2000. *Combining rock physics and sedimentology for seismic reservoir characterization of North Sea turbidite systems*. Stanford University.
- Bhatia, A. B., dan Singh, R. N. 1986. *Mechanics of deformable media*. England: University of Sussex Press.
- Brown, Alistair. 2003. *Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data, The American Association of Petroleum Geologists and The Society of Exploration Geophysicists*. Tulsa. Oklahoma, USA.
- Carr, B.S., Viret, J. 1986. *Chevron Exploration and Production Services*. PSD860030: Houston.
- Castagna. 1993. *Offset-Dependent Reflectivity–Theory, Practice of AVO Analysis and Investigation*. Geophysics Journal Series 8.
- Einsele, G. 2013. *Sedimentary Basins: Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Springer Science & Business Media.
- Fatti, J. L., Smith, G. C., Vail, P. J., Strauss, P. J., dan Levitt, P. R. 1994. *Detection of gas in sandstone reservoirs using AVO analysis: A 3-D seismic case history using the Geostack technique*. Geophysics. 59(9), 1362-1376.

- repository.ub.ac.id
- Graul, Mike. 2001. *AVO: Yesterday, Today, and (a Peak at) Tomorrow*. USA: Canadian Society of Exploration Geophysicist, v. 26.
- Hall, R. 2011. *Geophysics Cheatsheet*. Australian Journal of Earth Sciences. 59(6), 827-844.
- Kaharuddin, F., L., Massinai, M. A. dan Aswad, S. 2015. *Aplikasi Inversi Seismik dan Atribut Seismik Untuk Karakterisasi Reservoir lapangan X Formasi Telisa Cekungan Sumatera Tengah*.
- Katz, B. 1995. *Biogenic Gas – Its Formation and Economic Significance*. Proceedings of Indonesian Petroleum Association 24<sup>th</sup> Annual Convention, v.1, p. 461-474.
- Ralanarko, et al. 2016. *Shallow Gas in Asri Basin – Geoscience Forum*. Jakarta: CNOOC SES Internal Report.
- Ralanarko, et al. 2012. *Shallow Gas in Asri Basin, Southeast Sumatera, Indonesia: Drilling Hazard or Future Potential*. Palembang: 37<sup>th</sup> PIT HAGI.
- Schoell, M.. 1983. *Genetic Characterization of Natural Gases*. AAPG Bulletin: v. 67, p. 2225-2238.
- Schroot, BM. 2002. *Surface and Subsurface Expressions of Shallow Gas Accumulations in the Southern North Sea*. Netherland, USA: AAPG Books.
- Sukanto, J., Nunuk, F., Aldrich, J.B., Rinehat, G.P., Mitchell, J. 1998. *Petroleum System of The Asri Basin Java Sea Indonesia*. Proceedings Indonesian Petroleum Association, p. 291-321.
- Sukmono, S., 1999. *Interpretasi Seismik Refleksi*. Bandung: Teknik Geofisika, ITB.

- Sukmono, S. 2001. *Seismik Atribut Untuk Karakterisasi Reservoir*. Bandung: Teknik Geofisika, ITB.
- Smith, G. C., and Gidlow, P. M. 1987. *Weighted stacking for rock property estimation and detection of gas*. *Geophysical Prospecting*, 35(9), 9931014.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., dan Keys, D. A. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Veeken, P. C. 2013. *Seismic stratigraphy and depositional facies models*. Academic Press.
- Young, R., dan Atkinson, C. D. 1993. *A review of Talang Akar Formation (Oligo-Miocene) reservoirs in the offshore areas of Southeast Sumatra and Northwest Java*. Indonesian Petroleum Association: p. 177-210.



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

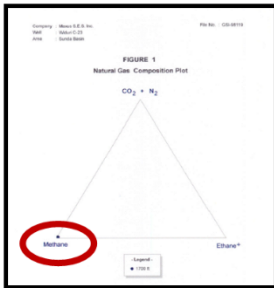


## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Geokimia Pendukung Keterdapatannya Gas Biogenik di Lapangan Namamu

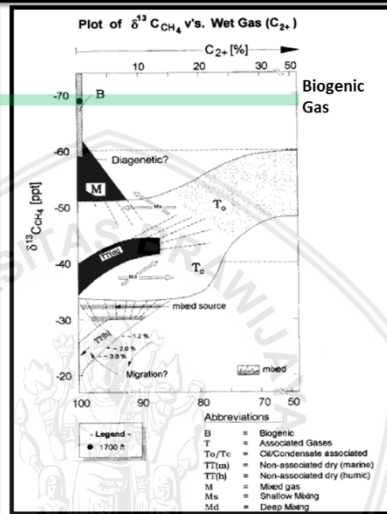
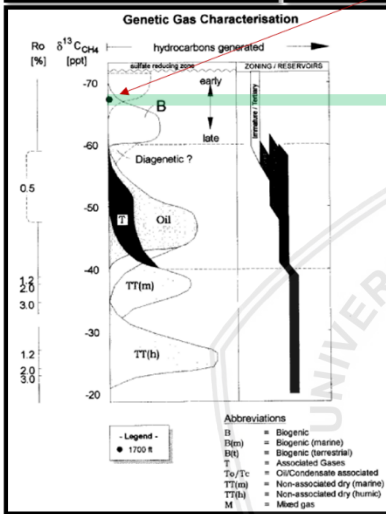
Company : Maxus S.E.S. Inc. Well : Widuri C-23 Area : Sunda Basin Sample Type : Gas File No. : GSI-98119			
<b>TABLE 1                  DETAILED GAS COMPOSITION DATA                  (1700 Ft.)</b>			
	Component	Mol Percent	Vol Percent
	H <sub>2</sub> S Hydrogen Sulphide	0.00	0.00
	CO <sub>2</sub> Carbon Dioxide	0.31	0.31
	N <sub>2</sub> Nitrogen	0.53	0.34
	C <sub>1</sub> Methane	98.85	98.85
	C <sub>2</sub> Ethane	0.25	0.39
	C <sub>3</sub> Propane	0.03	0.05
	iC <sub>4</sub> Iso-Butane	0.01	0.02
	NC <sub>4</sub> N-Butane	0.00	0.00
	iC <sub>5</sub> Iso-Pentane	0.00	0.00
	NC <sub>5</sub> N-Pentane	0.00	0.00
	C <sub>6</sub> Hexanes	0.01	0.02
	C <sub>7</sub> Heptenes	0.01	0.02
		100.00	100.00
Gas Wetness:	$\frac{C_2 - C_{5+}}{C_1 + C_{5+}} \times 100\% =$	0.50 %	
Calculated Gas Gravity:		0.561 (Air = 1.000)	
Calculated Gross Heating Value:		1007.2 BTU/ft <sup>3</sup> Dry Gas (@ 14.730 PSIA and 60°F)	

**Tabel L1.1 Data Geokimia**



**TABLE 2**  
**GAS STABLE ISOTOPE COMPOSITION DATA**

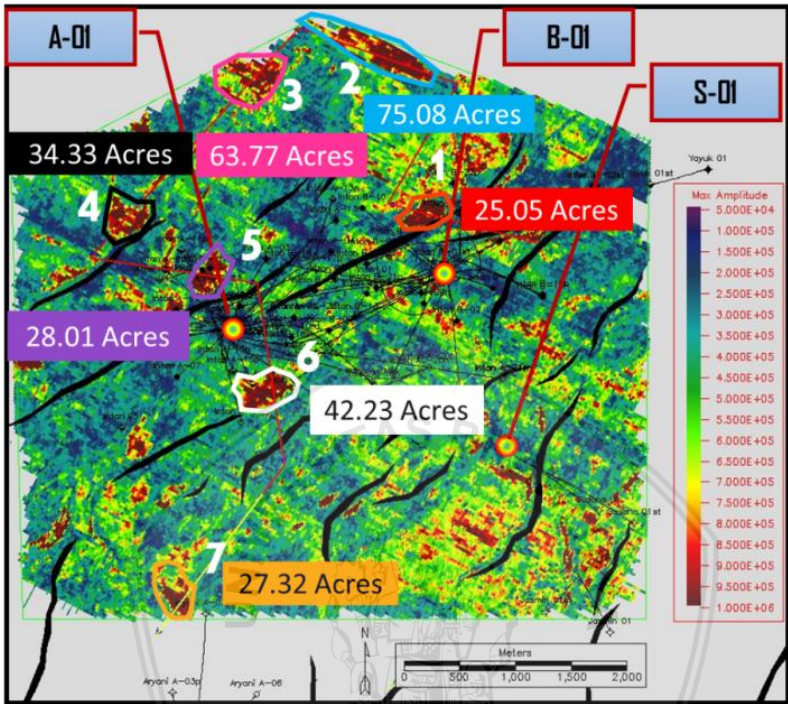
Sample Code	$\delta^{13}\text{C}$ methane (C <sub>1</sub> ) (%)	$\delta^{13}\text{C}$ ethane (C <sub>2</sub> ) (%)	$\delta^{13}\text{C}$ propane (C <sub>3</sub> ) (%)	$\delta^{13}\text{C}$ butane (C <sub>4</sub> ) (%)	$\delta^{13}\text{C}$ carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) (%)	Gas Wetness (%)
C-23 (1700FL.)	-67.47					0.50



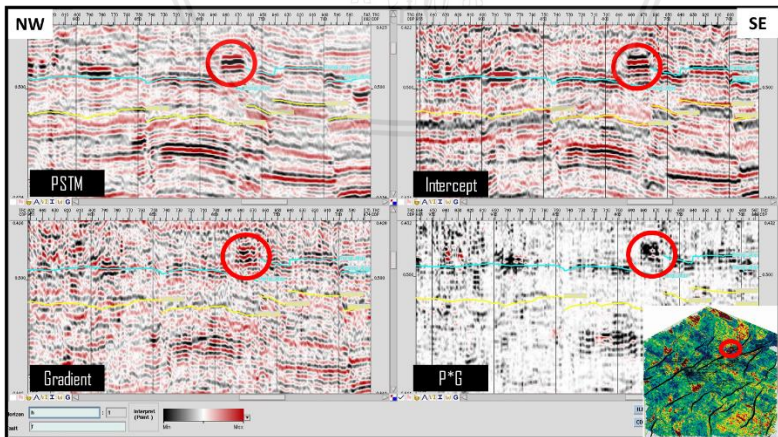
Gambar L1.1 Plot Hasil Data Geokimia.



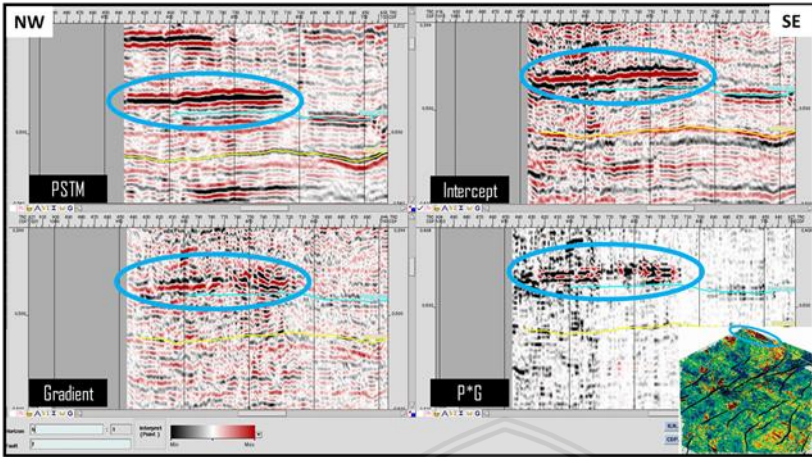
Lampiran 2 Penentuan Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Atas



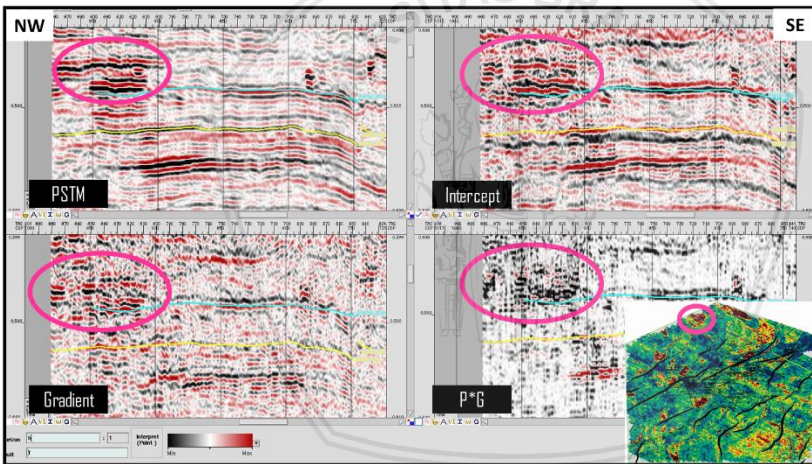
Gambar L2.1 Tujuh Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Atas.



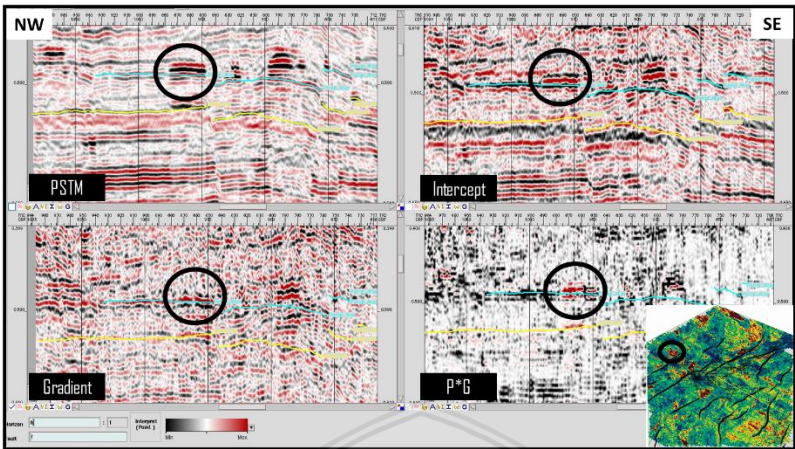
Gambar L2.2 Hasil AVO P\*G Area 1 Parigi Atas.



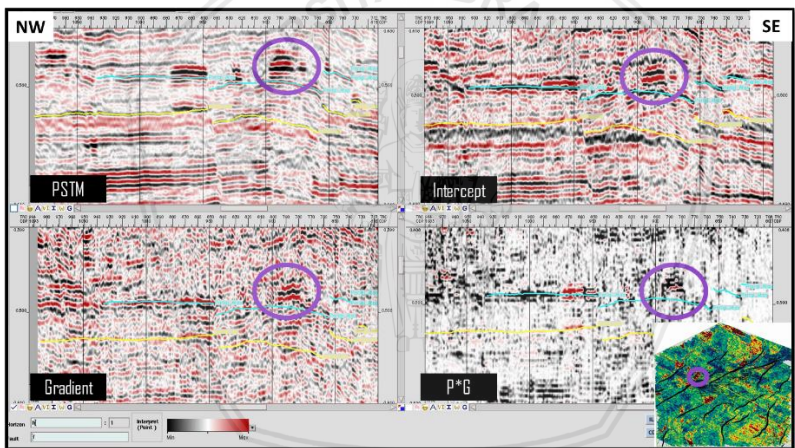
Gambar L2.3 Hasil AVO P\*G Area 2 Parigi Atas.



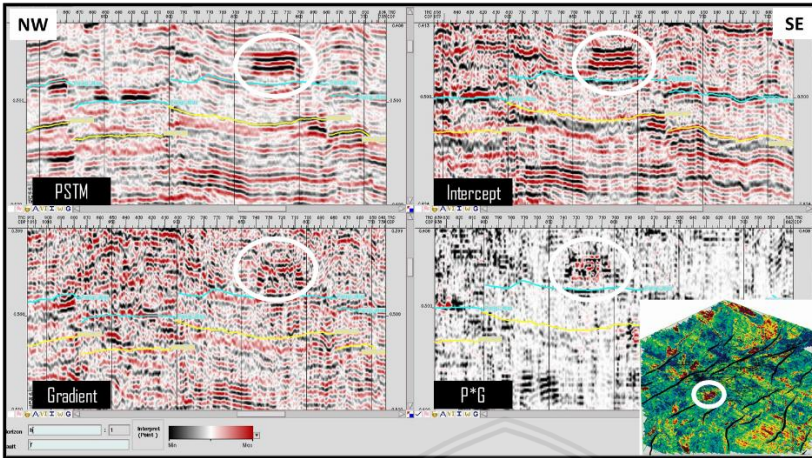
Gambar L2.4 Hasil AVO P\*G Area 3 Parigi Atas.



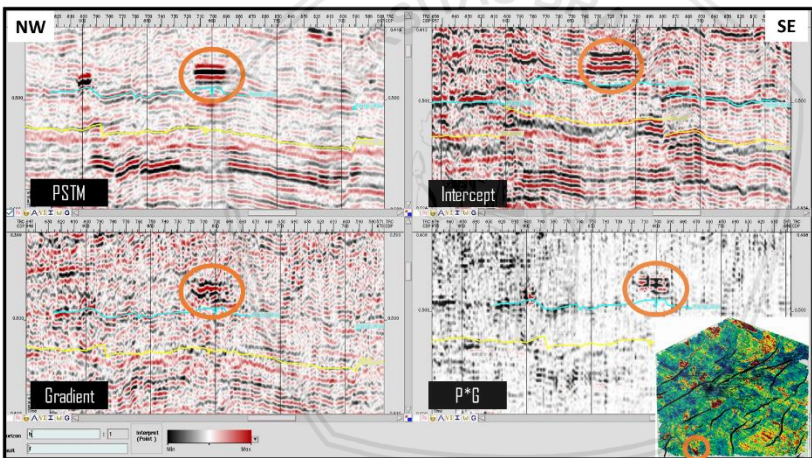
Gambar L2.5 Hasil AVO P\*G Area 4 Parigi Atas.



Gambar L2.6 Hasil AVO P\*G Area 5 Parigi Atas.

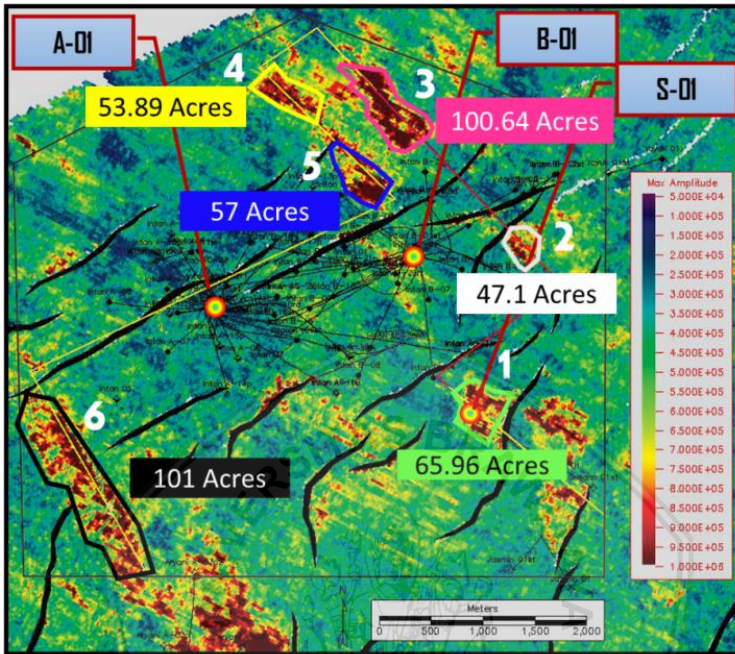


Gambar L2.7 Hasil AVO P\*G Area 6 Parigi Atas.

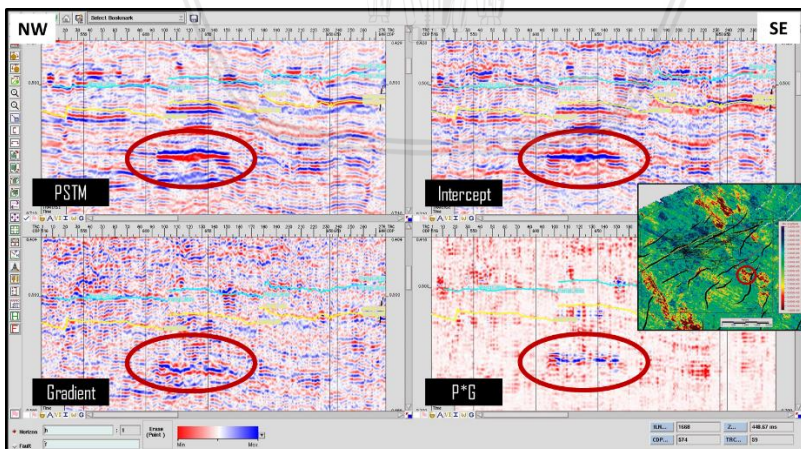


Gambar L2.8 Hasil AVO P\*G Area 7 Parigi Atas.

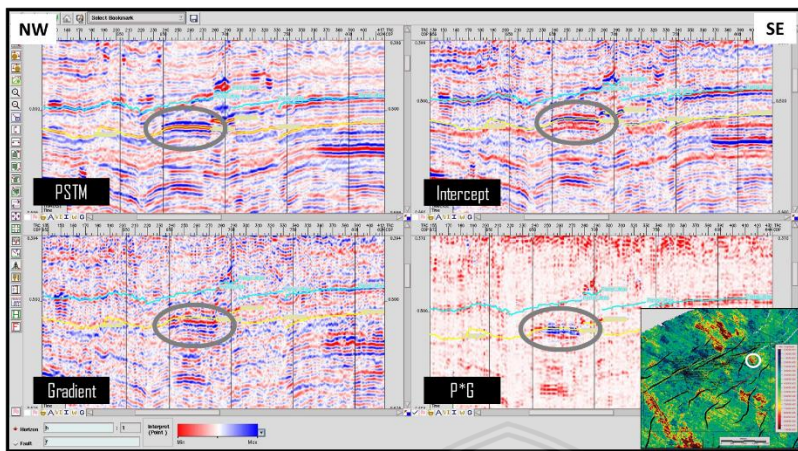
### Lampiran 3 Penentuan Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Ani



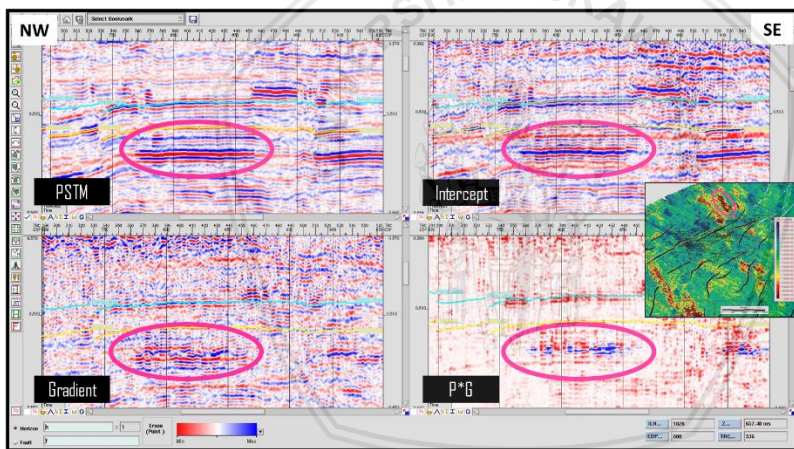
**Gambar L3.1** Indikasi Awal Zona Potensi Gas Biogenik dengan Menggunakan Atribut Seismik Amplitudo.



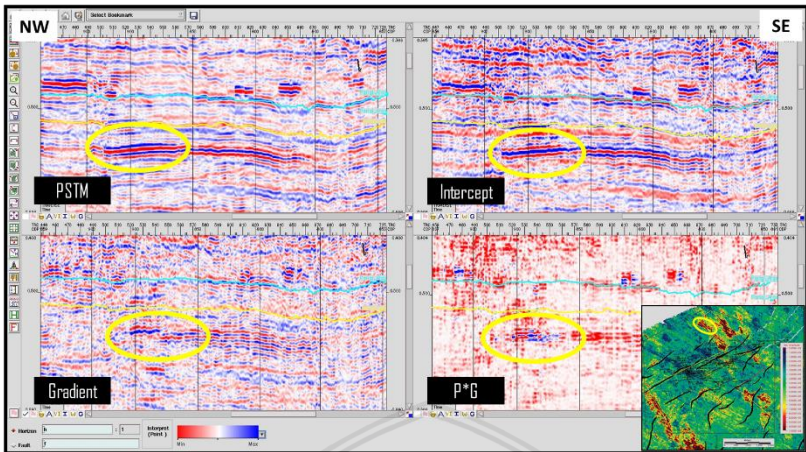
**Gambar L3.2** Hasil AVO P\*G Area 1 Parigi Ani.



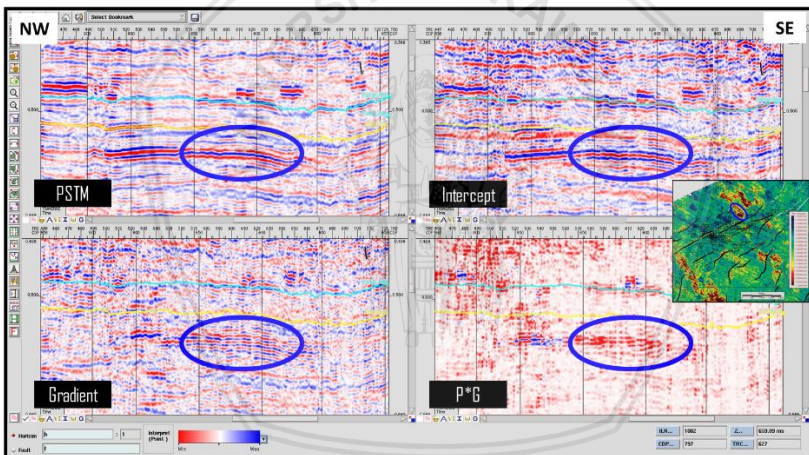
Gambar L3.3 Hasil AVO P\*G Area 2 Parigi Ani.



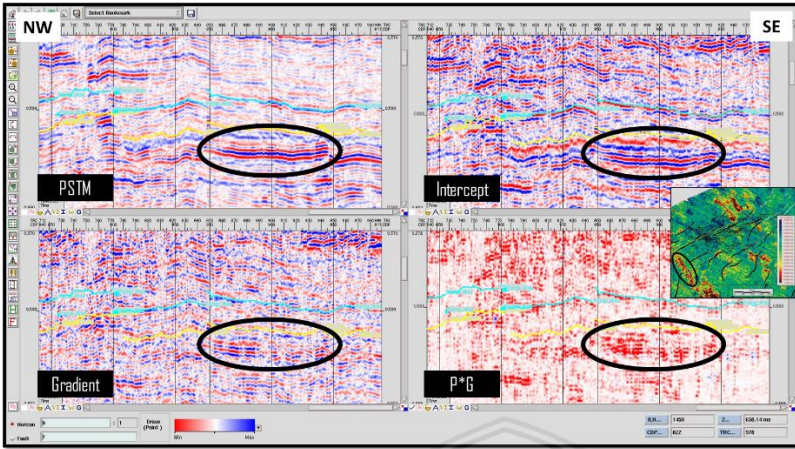
Gambar L3.4 Hasil AVO P\*G Area 3 Parigi Ani.



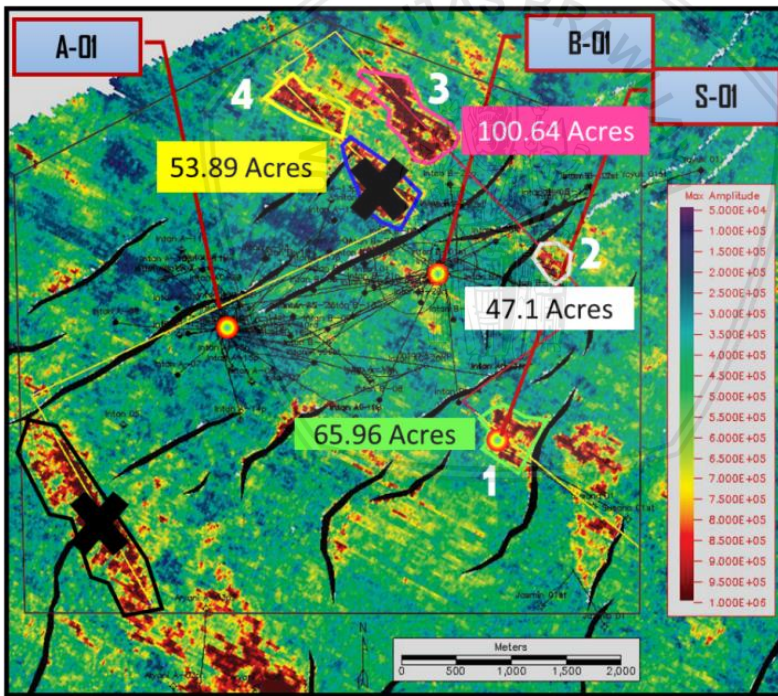
Gambar L3.5 Hasil AVO P\*G Area 4 Parigi Ani.



Gambar L3.6 Hasil AVO P\*G Area 5 Parigi Ani.



Gambar L3.7 Hasil AVO P\*G Area 6 Parigi Ani.



Gambar L3.8 Hasil Analisa AVO Menunjukkan Terdapat 4 Zona Potensi Gas Biogenik Horizon Parigi Ani.