

Analisis persebaran hidrokarbon pada reservoir batupasir menggunakan AVO dan pemodelan probabilitas fluida pada sumur menggunakan metode AVO *fluid inversion* (Studi kasus lapangan “YMK” formasi Talang Akar, Cekungan Jawa Barat Utara)

Prasetyo Abdi ¹⁾, Hernowo Danusaputro ¹⁾ dan Mualimin ²⁾

¹⁾ Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ PT Pertamina EP Asset 3, Cirebon

E-mail: prasetyoabdi@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

AVO analysis methods can be used to determined the hydrocarbon zones through AVO attribute that is a function of P wave velocity, S wave velocity and density. Map attributes are the result of AVO inversion process. Based on results of AVO response can be seen that the target area is a class IIP gas sand which is characterized by polarity reversal. AFI method provides results of probability modeling in wells using fluid substitution based on Gassmann's equation. Fluid substitution result that consisting of P wave velocity, S wave velocity and density then used as input to get the intercept and gradient of each fluid brine, oil and gas. By adding a synthetic form of attribute data simulation intercept and gradient for various possible fluid content, probabilities can be calculated using Bayes' theorem. In this study the spread of hydrocarbons can be illustrated by a map of attribute and probabilities in the wells can also be known based on synthetic data from simulation. Analysis showed that the method AFI containing oil wells are wells SNI-01 with a probability value of 0.70 and containing gas wells are wells SNI-03 with a probability value of 0.68.

Keywords: *AVO, Fluid inversion, hydrocarbon, reservoir, probability*

ABSTRAK

Analisis metode AVO dapat digunakan untuk melihat adanya zona hidrokarbon melalui atribut AVO yang merupakan fungsi dari kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S dan densitas. Peta atribut merupakan hasil dari proses inversi AVO. Dari hasil respon AVO dapat diketahui bahwa daerah target merupakan pasirgas kelas IIP yang ditandai dengan adanya pembalikan polaritas. Metode AFI memberikan hasil berupa pemodelan probabilitas pada sumur dengan menggunakan fluid substitution berdasarkan persamaan Gassmann. Hasil fluid substitution yang terdiri dari nilai kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S dan densitas tersebut kemudian digunakan sebagai input untuk mendapatkan atribut intercept dan gradient dari masing-masing fluida yaitu brine, oil dan gas. Dengan menambahkan simulasi data sintetik berupa atribut intercept dan gradient untuk berbagai kemungkinan kandungan fluida, harga probabilitas secara statistik dapat dihitung dengan menggunakan teorema Bayes. Adapun pada penelitian ini penyebaran hidrokarbon dapat digambarkan melalui peta atribut serta nilai probabilitas pada sumur juga dapat diketahui berdasarkan data sintetik hasil simulasi. Analisis metode AFI menunjukkan bahwa sumur yang mengandung oil adalah sumur SNI-01 dengan nilai probabilitas sebesar 0,70 dan sumur yang mengandung gas adalah sumur SNI-03 dengan nilai probabilitas sebesar 0,68.

Kata kunci: *brightspot, AVO, Fluid Inversion, hidrokarbon, reservoir, probabilitas*

PENDAHULUAN

Hasil yang diharapkan dari dilakukannya survei seismik adalah untuk mendapatkan gambaran kondisi bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan pemantulan gelombang seismik (seismik refleksi). Adanya perubahan litologi, fluida ataupun perubahan sifat fisik batuan secara lokal dapat menyebabkan

pantulan yang kuat terhadap gelombang seismik sehingga menimbulkan anomali amplitudo pada penampang seismik yang dikenal dengan istilah *brightspot* yang dianggap sebagai salah satu indikator langsung mengenai keberadaan akumulasi gas hidrokarbon.

Dalam prakteknya, tidak semua *brightspot* mengandung gas, karena banyak kondisi-kondisi bawah permukaan lain yang dapat memberikan efek *brightspot*, misal sisipan tipis batubara, batuan berpori atau rekah-rekah, lapisan garam, konglomerat, turbidit, ataupun efek tuning dari lapisan tipis sehingga konsep *brightspot* yang terlihat pada penampang seismik tidak menjadi jaminan tentang adanya hidrokarbon [1].

Analisis AVO (*Amplitude Variation with Offset*) dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan hidrokarbon jauh lebih baik daripada konsep *brightspot*. AVO merupakan perubahan amplitudo sinyal terpantul terhadap variasi jarak dari sumber ke penerima atau disebut juga dengan *offset*. Dengan menggunakan analisis AVO, dapat diketahui karakteristik dari reservoir yang menjadi area target. Namun dalam analisis AVO sendiri sebenarnya masih memiliki ketidakpastian. Hal ini dikarenakan AVO hanya memberikan hasil secara kualitatif, tanpa adanya kuantifikasi tingkat kepercayaan. Oleh karena itu, diperlukan studi yang lebih mendalam untuk mendapatkan kemungkinan (probabilitas) terbaik sebagai alternatif baru untuk strategi eksplorasi yang lebih efisien.

Analisis AFI (*Amplitude Variation with Offset Fluid Inversion*) merupakan perluasan dari metode AVO konvensional. Dengan melakukan analisis AVO *Fluid Inversion* (AFI) akan didapatkan *fluid properties* dari reservoir target serta nilai probabilitas fluida pada sumur. Analisis AFI dapat menjadi informasi tambahan karena hasilnya berupa nilai probabilitas, sehingga dapat memberi gambaran kemungkinan adanya fluida di reservoir.

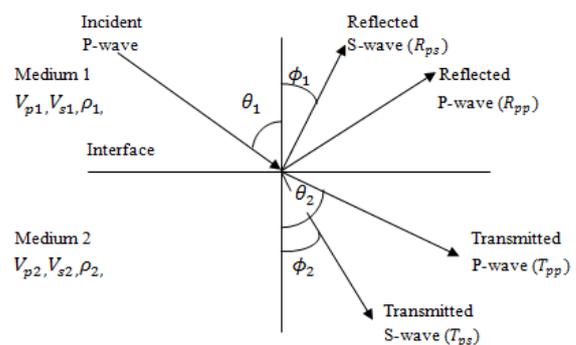
DASAR TEORI

Amplitude Variation with Offset (AVO)

Konsep AVO pertama kali diperkenalkan oleh Olander (1984) dengan konsep interpretasi kenampakan anomali amplitudo pada penampang seismik. AVO dapat didefinisikan

sebagai variasi perubahan amplitudo sinyal terpantul seiring dengan bertambahnya *offset*. Dalam hal ini, penambahan *offset* berarti bertambah pula sudut datangnya (*angle of incidence*), sehingga AVO sering disebut juga AVA (*Amplitude Variation with Angle of incidence*) [1].

Salah satu asumsi dari data seismik adalah bahwa gelombang seismik mengenai lapisan pada sudut datang vertikal. Gelombang P yang datang pada sudut datang θ yang melewati bidang batas permukaan akan terkonversi menjadi gelombang refleksi dan transmisi. Zoeppritz (1919) membuat suatu persamaan untuk menentukan amplitudo gelombang refleksi dan transmisi ketika gelombang P yang melewati bidang batas mengalami konversi menjadi gelombang P refleksi (R_{PP}), gelombang S refleksi (R_{PS}), gelombang P transmisi (T_{PP}) dan gelombang S transmisi (T_{PS}) [2].



Gambar 1. Partisi energi gelombang seismik

Persamaan untuk fenomena pada Gambar 1 di atas dituliskan dalam bentuk matriks seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (1).

$$\begin{bmatrix} \sin \theta_1 & \cos \phi_1 & -\sin \theta_2 & \cos \phi_2 \\ -\cos \theta_1 & \sin \phi_1 & -\cos \theta_2 & -\sin \phi_2 \\ \sin 2\theta_1 & \frac{V_{p1}}{V_{s1}} \cos 2\phi_1 & \frac{\rho_2 V_{s2}^2 V_{p1}}{\rho_1 V_{s1}^2 V_{p2}} \sin 2\theta_2 & \frac{\rho_2 V_{s2} V_{p1}}{\rho_1 V_{s1}} \cos 2\phi_2 \\ -\cos 2\phi_1 & -\frac{V_{s1}}{V_{p1}} \sin 2\phi_1 & -\frac{\rho_2 V_{p2}}{\rho_1 V_{p1}} \cos 2\phi_2 & -\frac{\rho_2 V_{s2}}{\rho_1 V_{p1}} \sin 2\phi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{PP} \\ R_{PS} \\ T_{PP} \\ T_{PS} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta_1 \\ -\cos \theta_1 \\ \sin 2\theta_1 \\ -\cos 2\phi_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Persamaan Zoeppritz adalah kompleks. Persamaan tersebut sangat rumit dan dalam prakteknya tidak dapat menduga sifat-sifat

petrofisik dari batuan reservoir. Beberapa aproksimasi telah dilakukan untuk menyederhanakan persamaan Zoeppritz.

Aki dan Richards (1980) melakukan pendekatan terhadap persamaan Zoeppritz menjadi tiga bentuk, bentuk pertama terkait dengan densitas (ρ), bentuk kedua terkait dengan kecepatan gelombang P (V_P) dan bentuk ketiga terkait dengan kecepatan gelombang S (V_S) [3].

$$R(\theta) = \frac{1}{2} \left(1 - 4 \frac{V_S^2}{V_P^2} \sin^2 \theta \right) \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{1}{2 \cos^2 \theta} \frac{\Delta V_P}{V_P} - \left[4 \frac{V_S^2}{V_P^2} \sin^2 \theta \right] \frac{\Delta V_S}{V_S} \quad (2)$$

yang kemudian dapat dituliskan kembali menjadi bentuk dasarnya oleh persamaan (3).

$$R(\theta) = a \frac{\Delta \rho}{\rho} + b \frac{\Delta V_P}{V_P} + c \frac{\Delta V_S}{V_S} \quad (3)$$

Untuk menggunakan persamaan Aki dan Richards pada inversi dari amplitudo refleksi untuk parameter elastis tersebut harus dibuat rentang berdasarkan sudut dari gelombang yang datang secara berturut-turut. Perubahan ini pertama kali diperkenalkan oleh Shuey (1985). Persamaan Shuey berasal dari persamaan yang dibuat oleh Aki dan Richards. Adapun pendekatan yang dilakukan oleh Shuey dapat dilihat pada persamaan (4).

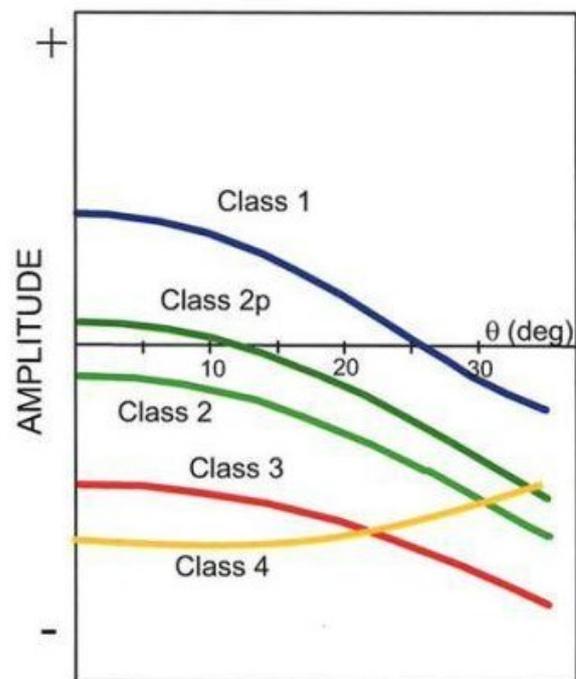
$$R(\theta) = R_0 + \left(A_0 R_0 + \frac{\Delta \sigma}{(1-\sigma)^2} \right) \sin^2 \theta + \frac{1}{2} \frac{\Delta V_P}{V_P} (\tan^2 \theta - \sin^2 \theta) \quad (4)$$

Untuk sudut yang kecil, dengan pendekatan pada sudut mencapai 30 derajat, $\sin^2 \theta \approx \tan^2 \theta$ sehingga persamaan (4) dapat ditulis kembali menjadi persamaan (5).

$$R(\theta) = R_0 + B \sin^2 \theta \quad (5)$$

Klasifikasi AVO

Analisis AVO pada awalnya ditujukan sebagai teknik untuk memvalidasi anomali amplitudo seismik yang berasosiasi dengan *gas sand* [4]. Seringkali pasir gas yang membentuk anomali amplitudo tersebut mempunyai impedansi yang lebih rendah daripada serpih di atasnya dan reflektifitas yang magnitudonya naik seiring dengan pertambahan *offset*. Kenyataannya seiring dengan eksplorasi tidak hanya anomali *brightspot* saja yang menunjukkan adanya pasir mengandung gas, sehingga dibuatlah beberapa klasifikasi untuk analisis anomali AVO yang berasosiasi dengan adanya pasir gas.



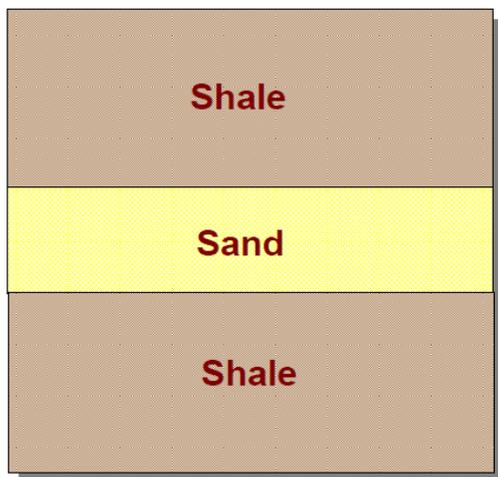
Gambar 2. Klasifikasi anomali AVO pada *top sand reservoir*

Rutherford dan Williams (1989) mengklasifikasikan anomali AVO berdasarkan kandungan minyak dan gas menjadi tiga kelas yaitu kelas I (*high impedance contrast sand*), kelas II (*near-zone impedance contrast sand*) dan kelas III (*low impedance contrast sand*). Castagna dan

Swan (1998) kemudian menambahkan kelas IV sebagai klasifikasi tambahan selain klasifikasi yang diperkenalkan oleh Rutherford dan Williams [5].

AVO Fluid Inversion (AFI)

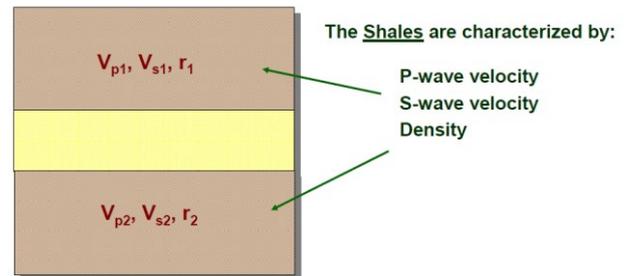
Analisis AFI didasari dengan asumsi pemodelan 3 lapisan batuan yang terdiri dari lapisan *sand* yang diapit oleh 2 lapisan *shale*. Kemudian dari tiap lapisan tersebut diambil besaran parameter-parameter petrofisika yang diperlukan untuk mendapatkan suatu tren dari distribusinya tiap kedalaman. *Shale* diasumsikan sebagai *wet zone* sementara *sand* terdiri dari *brine*, *oil* dan *gas*. Gambar 3 adalah model awal yang akan digunakan untuk menganalisis respon AVO dengan menggunakan parameter dari masing-masing lapisan. Adapun parameter yang harus dimiliki oleh setiap lapisan adalah kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S dan densitas. Ketiganya merupakan data yang diambil dari data sumur [6].



Gambar 3. Model Dasar AFI

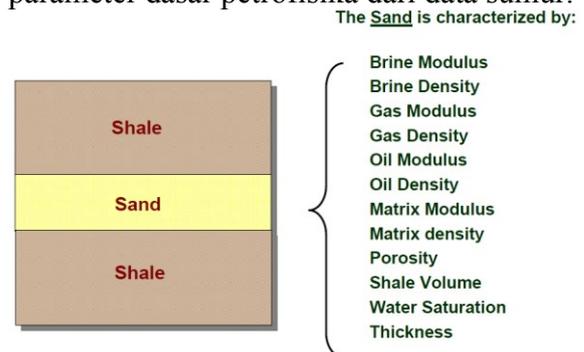
Masing-masing parameter didefinisikan sebagai penyebaran distribusi, yang menentukan penyebaran nilai relatif dari masing-masing parameter. Gambar 4 menunjukkan distribusi penyebaran normal parameter untuk lapisan *shale*. Diketahui *shale* yang berada di atas dan di bawah *sand* diasumsikan mempunyai

penyebaran yang sama. *Shale* dapat digambarkan secara langsung oleh parameter V_p , V_s dan ρ [7].



Gambar 4. Distribusi parameter untuk *shale*

Untuk lapisan *sand* digambarkan oleh parameter fisik batuan yang merupakan parameter dasar petrofisika dari data sumur.



Gambar 5. Distribusi parameter fisik batuan pada lapisan *sand*

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data volume *Pre stack Time Migration*, *Time Migrated CRP gather*, kecepatan RMS dan data sumur SNI-01, SNI-02, SNI-03, SNI-04, SNI-05 dan SNI-10. Adapun tahap utama penelitian terdiri dari 4 tahap utama yaitu:

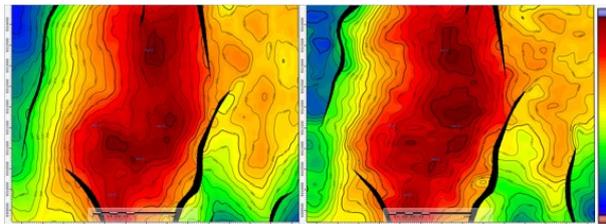
1. Pengolahan data seismik untuk mendapatkan respon amplitudo dan anomali AVO, serta penyebaran atribut AVO.
2. Pengolahan data sumur untuk mendapatkan parameter petrofisika dari lapisan target yang akan digunakan

- sebagai *input* dalam pemodelan probabilitas.
3. Kalibrasi antara data seismik dengan data sumur.
 4. Perhitungan probabilitas fluida pada masing-masing sumur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Data Seismik

Hasil dari pengolahan data seismik meliputi analisis respon amplitudo serta analisis atribut AVO yang disayat pada kedalaman tertentu untuk melihat persebaran nilai atribut tersebut.

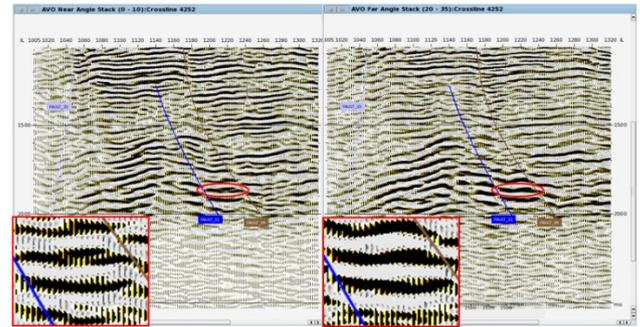


Gambar 6. Peta struktur waktu pada lapisan target: (kiri) *top* lapisan dan (kanan) *bottom* lapisan

Analisis atribut *angle stack*

Atribut *angle stack* digunakan untuk menggambarkan perubahan amplitudo gelombang seismik berdasarkan sudut yang ditentukan, dimana sudut tersebut menggantikan fungsi jarak. Analisis perbandingan *angle stack* dapat dijadikan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon.

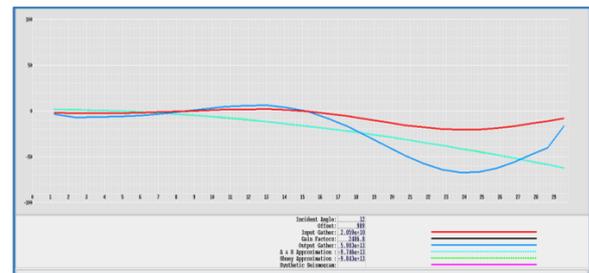
Dari hasil penampang atribut *angle stack*, terlihat adanya perubahan nilai amplitudo seismik dimana semakin besar sudut maka amplitudo menjadi semakin kuat. Peningkatan nilai amplitudo pada daerah target seperti ditunjukkan oleh Gambar 7 dapat memberikan indikasi bahwa lapisan target merupakan batupasir yang terakumulasi oleh hidrokarbon



Gambar 7. Anomali AVO pada penampang seismik *near* dan *far angle stack*

Analisis Grafik Respon Amplitudo Seismik

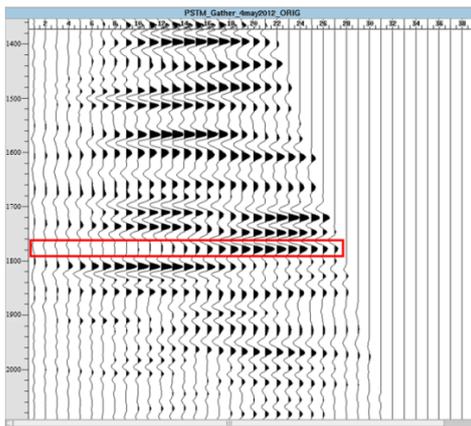
Respon amplitudo seismik diamati dari data CRP *gather* secara keseluruhan dengan fokus pengamatan adalah pada daerah di sekitar sumur penelitian. Analisis respon amplitudo ini dimaksudkan untuk melihat adanya anomali perubahan amplitudo seismik yang terjadi seiring dengan bertambahnya *offset*.



Gambar 7. Grafik respon amplitudo seismik terhadap sudut datang

Dari hasil grafik respon amplitudo, terlihat adanya perubahan amplitudo ke arah negatif terhadap kenaikan sudut. Amplitudo awal yang bernilai positif mendekati nol menjadi semakin negatif seiring dengan sudut datang (*near zone impedance contrast sand*). Hal ini mengindikasikan terjadinya pembalikan polaritas (*polarity reversal*) pada daerah target dimana menurut klasifikasi Rutherford dan William (1989), anomali AVO tersebut termasuk ke dalam kelas IIP.

Peristiwa pembalikan polaritas juga diperlihatkan data *gather* seismik. Gambar 8 memperlihatkan bahwa pada kedalaman waktu sekitar 1760 ms terdapat adanya pembalikan polaritas dari amplitudo puncak /*peak* menjadi amplitudo lembah/*through* pada sudut 8° , kemudian terjadi peningkatan amplitudo mulai dari sudut 10° sampai 26° .

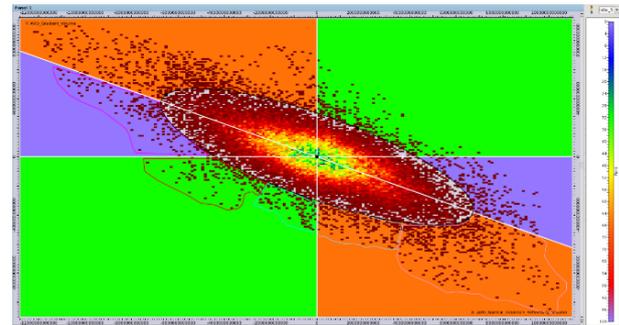


Gambar 8. Tampilan *gather* yang menunjukkan adanya pembalikan polaritas

Analisis Atribut Normal Incidence Reflectivity dan Gradient

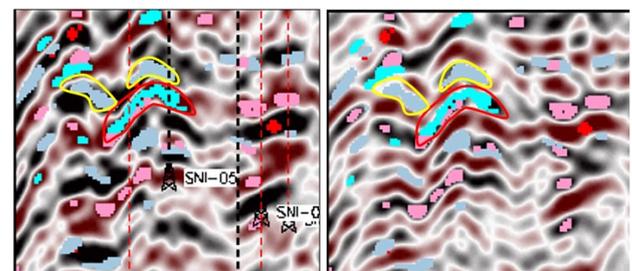
Atribut yang diamati untuk melihat persebaran anomali AVO adalah *normal incidence reflectivity (intercept)* dan *gradient*. *Intercept* dan *gradient* merupakan atribut yang didapatkan dari hasil inversi dengan menggunakan pendekatan persamaan Shuey. *Intercept* adalah koefisien refleksi pada sudut datang sama dengan nol ($\theta \approx 0$). Sedangkan *gradient* adalah variasi amplitudo terhadap pertambahan *offset*.

Analisis *intercept* dan *gradient* dilakukan dengan cara membuat *crossplot* antara kedua atribut tersebut untuk melihat tren yang dibentuk agar persebaran anomali kelas AVO dapat diketahui. *Crossplot* pada penelitian AVO merupakan suatu cara yang cukup mudah untuk merepresentasikan data AVO.



Gambar 9. *Crossplot* antara *intercept* dengan *gradient* pada daerah di sekitar sumur

Pada *crossplot intercept* dengan *gradient* terlihat adanya anomali yang berdasarkan klasifikasi Rutherford-William dan Castagna mewakili kelas-kelas pasir gas tertentu. Daerah anomali berwarna merah muda merupakan anomali pasir gas kelas I, daerah yang berwarna abu-abu adalah anomali kelas II, daerah dengan warna biru muda menunjukkan anomali kelas IIp, daerah yang berwarna coklat adalah anomali kelas III dan daerah dengan warna merah menunjukkan anomali kelas IV.



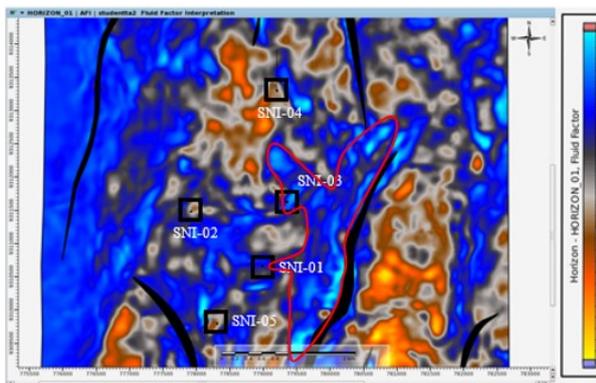
Gambar 10. Anomali AVO pada penampang seismik

Analisis Atribut Fluid Factor

Atribut *fluid factor* adalah salah satu atribut AVO yang cukup menonjol yang dihasilkan dari pendekatan persamaan Aki dan Richards. Atribut AVO ini disebabkan oleh perubahan kecepatan gelombang P dan kecepatan gelombang S pada batas suatu lapisan yang melewatinya. Variasi cepat rambat gelombang P dan gelombang S ini dapat disebabkan oleh perbedaan densitas pada suatu batuan ataupun adanya fluida

yang mengisi pori-pori batuan tersebut. Reservoir yang mengandung hidrokarbon diindikasikan dengan nilai *fluid factor* yang negatif. *Fluid factor* negatif ini disebabkan oleh penurunan kecepatan gelombang P. Sedangkan harga *fluid factor* untuk top batupasir mendekati nol atau positif menunjukkan *background* (*non pay zone*).

Hasil sebaran nilai *fluid factor* menunjukkan bahwa daerah dengan warna biru terang di sekitar sumur SNI-01 dan SNI-03 merupakan daerah yang memiliki kemungkinan untuk diakumulasi oleh hidrokarbon. Hasil tersebut juga menunjukkan adanya daerah prospek hidrokarbon yang memiliki penyebaran dari arah timur laut ke arah barat daya, tepatnya di sebelah timur sumur SNI-01 dan sumur SNI-03. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa kedua sumur memiliki kecenderungan untuk diisi oleh hidrokarbon.



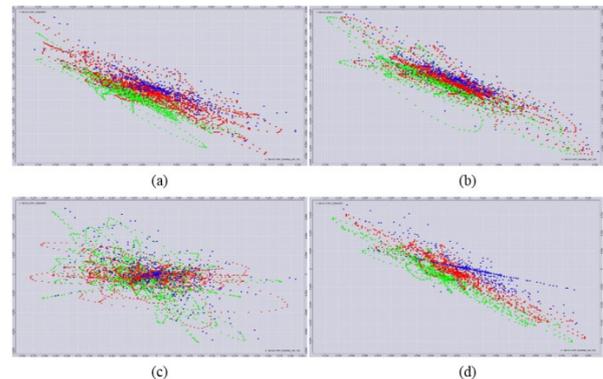
Gambar 11. Peta horizon slice sebaran nilai *fluid factor*

Hasil Sintetik Data Sumur

Data sintetik diperoleh dari perhitungan Gassmann (*fluid substitution*) yang akan menghasilkan nilai V_p , V_s dan densitas dari masing-masing fluida. Dari harga V_p , V_s dan densitas tersebut dapat dibentuk atribut *intercept* dan *gradient* sintetik dari sumur.

Seperti halnya analisis atribut *intercept* dan *gradient* dari data *seismik* seismik, data sintetik yang telah didapatkan dicrossplot untuk melihat bagaimana tren yang dihasilkan.

Crossplot yang dilakukan melibatkan ketiga jenis fluida yang ada. Hasil *crossplot* yang baik antara *intercept* dan *gradient* untuk masing-masing fluida seharusnya menunjukkan separasi *cluster* yang signifikan akibat dari nilai *input* yang berbeda.



Gambar 12. Hasil *crossplot* antara *intercept* dengan *gradient* (biru: brine, merah: oil dan hijau: gas): (a) sumur SNI-01, (b) sumur SNI-03, (c) sumur SNI-04 dan (d) sumur SNI-05

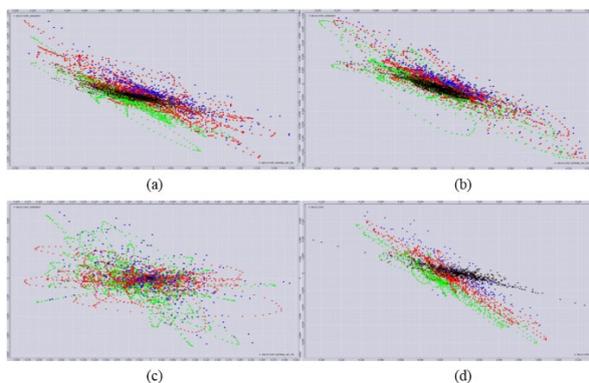
Dari hasil tersebut, dapat terlihat bahwa pada sumur SNI-01, SNI-03 dan SNI-05 memperlihatkan adanya separasi yang cukup signifikan sehingga ketiga jenis fluida dapat dibedakan. Sedangkan untuk sumur SNI-04, *crossplot* menunjukkan hasil yang tidak begitu baik karena ketiga data terlihat *overlay* satu sama lain sehingga sulit untuk dibedakan. Hal ini juga akan mempengaruhi perhitungan probabilitas, dimana hasil *crossplot* yang *overlay* akan menyebabkan perhitungan probabilitas menjadi sulit untuk dilakukan.

Kalibrasi Hasil Data Seismik dan Data Sintetik

Hasil data seismik dan data sintetik yang telah didapatkan sebelumnya perlu digabungkan untuk tujuan analisis lebih lanjut dalam penelitian ini. Oleh karena itu,

dilakukan kalibrasi antara kedua data tersebut. Kalibrasi dilakukan untuk membandingkan titik-titik nilai dari data seismik dengan titik-titik nilai dari data sintetik.

Penyesuaian skala antara data *seismik* dan data seismik sendiri dilakukan dengan cara mengekstrak volume *intercept* dan *gradient* pada daerah di sekitar sumur SNI-01, SNI-03, SNI-04 dan SNI-05 sehingga antara data sintetik dan data *seismik* berada pada skala nilai yang sama.



Gambar 12. Kalibrasi data *seismik* dan data sintetik (biru: *brine*, merah: *oil*, hijau: gas dan hitam: seismik): (a) sumur SNI-01, (b) sumur SNI-03, (c) sumur SNI-04 dan (d) sumur SNI-05

Dari hasil kalibrasi, dapat terlihat bahwa titik-titik nilai *crossplot* data *seismik* seismik menempati salah satu tren *crossplot* dari *cluster* fluida tertentu. Pada sumur SNI-01, titik-titik tren data *seismik* jatuh pada tren *cluster oil* secara dominan. Akan tetapi, sebagian titik juga terlihat menempati *cluster* gas yang artinya sumur SNI-01 dimungkinkan merupakan sumur yang berisi minyak dengan sebagian juga diisi oleh gas. Pada sumur SNI-03, sebagian besar titik-titik data *seismik overlay* terhadap *cluster* gas dan sebagian kecil dari tren tersebut juga menempati *cluster oil*. Pada sumur SNI-04, titik-titik data *seismik* terlihat lebih cenderung *overlay* dengan *cluster brine* yang artinya, sumur SNI-04 merupakan sumur yang berada pada *wet zone* atau *non pay zone*. Sedangkan sumur SNI-05 menunjukkan bahwa sumur

tersebut sebagian besar diisi oleh *brine*, namun juga memiliki probabilitas untuk diisi oleh gas.

Probabilitas Fluida

Tahap akhir dari penelitian ini adalah perhitungan probabilitas yang akan memberikan hasil secara kuantitatif, yaitu kemungkinan dari setiap sumur terakumulasi oleh fluida tertentu. Adapun harga probabilitas ini didapatkan secara statistik dengan melihat persebaran data yang ada pada ruang *crossplot*. Oleh karena itu, dari persebaran titik-titik data tersebut dapat dilakukan perhitungan probabilitas dengan menggunakan teorema Bayes.

Tabel 1. Probabilitas fluida masing-masing sumur

Sumur	<i>Brine</i>	<i>Oil</i>	<i>Gas</i>
SNI-01	0,05	0,70	0,25
SNI-03	0,10	0,22	0,68
SNI-04	0,78	0,15	0,07
SNI-05	0,58	0,08	0,34

Dari hasil perhitungan probabilitas tiap sumur dapat diketahui bahwa sumur *oil* adalah sumur SNI-01 dengan probabilitas sebesar 0,70, sumur gas adalah sumur SNI-03 dengan probabilitas sebesar 0,68 dan sumur *brine* adalah sumur SNI-04 dengan probabilitas sebesar 0,78.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa daerah target penelitian merupakan batupasir dengan klasifikasi AVO kelas I_p dan pada lapangan penelitian penyebaran hidrokarbon berdasarkan peta atribut AVO sebagian besar terdapat pada daerah di sekitar sumur SNI-01 yang berdasarkan pemodelan AFI memiliki probabilitas *oil* sebesar 0,70 dan sumur SNI-03 yang memiliki probabilitas gas sebesar 0,68.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munadi, S. (1993) *AVO dan Eksplorasi Gas*, Lembaran publikasi LEMIGAS, No. 1, 3-13.
- [2] Yilmaz, O. (2001) *Seismic Data Analysis: Processing, Interpretation and Inversion*, Society of Exploration Geophysicist.
- [3] Aki, A., Richards, P.G. (1980) *Quantitative Seismology: Theory and Methods*. W.H. Freeman & Company.
- [4] Ostrander, W.J. (1984) *Plane Wave Reflection Coefficient for Gas Sands at Non-Normal Angles Incidence*, Geophysics, 49, 1637-1648.
- [5] Rutherford, S., William, R. (1989) *Amplitude Versus Offset Variation in Gas Sands*. Geophysics, 54, 580-688.
- [6] Hampson, Daniel. P., Brian H. Russel, (2001) *AVO and AFI Analysis Tutorial*, HRS Software Service, Ltd.
- [7] Russel, Brian H., Ken Hedlin, Fred J. Hilterman, Laurence, R.L. (2001) *Fluid Property Discrimination with AVO: Biot-Gassman Perspective*.