

KARAKTERISASI RESERVOIR BATU PASIR FORMASI KEUTAPANG MENGGUNAKAN ANALISIS AVO (*AMPLITUDE VERSUS OFFSET*) PADA STRUKTUR “X” SUMATERA BAGIAN UTARA

Okci Mardoli¹, Dwi Pujiastuti¹, Daz Edwiza², Ari Febriana Kabisat³

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas

Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163

²Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

³PT. Pertamina EP Jakarta

e-mail: okci.mardoli@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi reservoir batupasir formasi Keutapang melalui analisis AVO (*Amplitude Versus Offset*) dengan *software* Hampson-Russel (HRS) pada struktur “X” Sumatera Bagian Utara. Reservoir batupasir dikarakterisasi menggunakan *AVO Product*, *Scaled Poisson’s Ratio Change*, *Shear Reflectivity*, dan *Fluid Factor*. Disamping itu dilakukan pembagian AVO berdasarkan analisis hasil *crossplot*. Analisis AVO dari hasil *crossplot* diperoleh dari hasil atribut *AVO intercept* dan *gradient*. Hasil menunjukkan bahwa reservoir formasi Keutapang yang berada pada zona 1275 di kedalaman 1250 meter mengindikasikan adanya kandungan gas. Dari hasil analisis didapatkan bahwa reservoir batupasir memiliki impedansi yang rendah seiring peningkatan AVO yang merupakan sifat dari AVO kelas III.

Kata kunci: karakterisasi reservoir batupasir, Hampson-Russel, analisis AVO, *intercept*, *gradient*, AVO kelas III

ABSTRACT

Reservoir of structure “X” of Keutapang formations in the northern part of Sumatera by AVO (Amplitude Versus Offset) analysis has been conducted. The data were processed by Hampson-Russel (HRS) software. The characterisation was based on AVO Product analysis, Scaled Poisson’s Ratio Change, Shear Reflectivity and the concept of AVO classification based on crossplot analysis. It was found that reservoir zone 1275 located at 1250 meters in depth of Keutapang formation has low impedance sandstone reservoir (AVO class III), which indicates the presence of gas deposits.

Keywords : characterization sandstone reservoir, Hampson-Russel, AVO analysis, gradient, intercept, AVO class III

I. PENDAHULUAN

Hidrokarbon adalah senyawa karbon yang paling sederhana, yang terdiri dari atom Carbon (C) dan atom Hidrogen (H) (Madrizal, 2011). Hidrokarbon menjadi sumber energi listrik dan energi panas yang utama di dunia. Dewasa ini kelangkaan bahan bakar semakin dirasakan oleh manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menemukan lokasi hidrokarbon yang belum dilakukan pengeborannya, seiring dengan semakin menipisnya cadangan hidrokarbon.

Penemuan lokasi endapan hidrokarbon dapat digunakan metode seismik yang merupakan salah satu metode geofisika. Metode ini pada prinsipnya memanfaatkan penjalaran gelombang seismik yang melewati material bumi. Sumber gelombang seismik bisa berasal dari sumber buatan, misalnya ledakan dinamit, sumber palu, pembangkit getaran dari alat *vibrois*, dan lain sebagainya. Sumber tersebut mengakibatkan terjadinya getaran pada titik ledak, yang kemudian energi bergerak ke sekelilingnya berupa gelombang mekanik. Gelombang yang dipantulkan oleh reflektor di bawah permukaan akan diterima oleh *geophone* dan kemudian diproses sehingga menghasilkan rekaman berbentuk seismogram yang terdiri dari rangkaian waktu tempuh dan kuat energi (Priyono, 1999). Sehubungan dengan waktu tempuh dan kuat energi tersebut, terdapat amplitudo gelombang yang merupakan salah satu komponen dari terbentuknya penjalaran gelombang.

Amplitudo memiliki sifat yang berbeda pada masing-masing medium. Perbedaan itu terjadi ketika proses refleksi penjalaran gelombang menumbuk medium yang memiliki koefisien refleksi yang berbeda dari medium yang dilewati gelombang sebelumnya. Perbedaan atau

anomali dari amplitudo inilah yang dapat dijadikan sebagai identifikasi litologi batuan yang diteliti.

Anomali nilai amplitudo dapat dikorelasikan terhadap jarak sumber penjalaran gelombang dengan penerima, yang lebih dikenal dengan istilah *offset*. Keterkaitan tersebut dikenal dengan sebutan *Amplitude Versus Offset* (AVO). Metode penganalisaan AVO memiliki keunggulan dalam melihat sebaran daerah hidrokarbon sesuai dengan litologi batuan. Keunggulan ini telah diaplikasikan untuk mengetahui karakteristik dari formasi batuan yang berisi gas, terutama formasi batupasir. Metoda AVO telah banyak dilakukan untuk interpretasi data seismik, terutama data seismik 2D.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang Analisis *Inversi Impedansi Elastic* untuk identifikasi penyebaran reservoir batupasir. Penelitian tersebut menghasilkan grafik respon AVO dari lapisan yang diteliti masuk dalam anomali AVO kelas I_p, yang ditandai dengan impedansi batupasir mendekati nol dan memiliki polaritas yang berbeda dari AVO kelas II (Sulistyoasih, 2011). Selain penelitian tersebut, Pertamina EP (2013) juga telah melakukan analisis atribut seismik pada formasi Belumai dan formasi Keutapang di zona 1275 yang menunjukkan adanya kandungan gas pada zona tersebut.

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan pada salah satu struktur cekungan di kawasan Sumatera bagian utara dengan inisial "Struktur X". Struktur X yang diteliti merupakan salah satu lapangan gas di Sumatera Utara. Indikator "*Brightspot*" pada struktur X dipakai dalam analisis metode AVO. Selanjutnya dilakukan interpretasi dan pemetaan bawah permukaan yang lebih baik dan memiliki cakupan daerah yang luas secara lateral atau horizontal, untuk mengetahui kemungkinan prospek kandungan hidrokarbon di suatu zona bawah permukaan wilayah tertentu.

II. METODE

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data penampang seismik sebanyak 4 lintasan seismik, data sumur pemboran sebanyak 4 sumur, data log sonik, dan data *check-shoot*. Semua data tersebut diperoleh dari instansi Pertamina EP Jakarta.

2.2 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan seperangkat *software* yang difasilitasi oleh Pertamina EP Jakarta. *Software* pengolah data yang digunakan adalah Hampson Russel (HRS) versi 8 dan program Geoframe 4.4. Adapun metode dalam pengolahan data tersebut meliputi atas beberapa tahapan, diantaranya :

2.2.1 Persiapan Data

Data seismik yang telah diperoleh dilakukan proses penampilan data ke lembaran kerja pengolahan data. Data tersebut berupa data *well log* seperti yang diuraikan pada tahap sebelumnya. Data yang ditampilkan baru berupa data mentah yang belum dilakukan koreksi *check shot*. Setelah itu dilakukan proses *check shot correction* dengan tujuan untuk mengkoreksi data *well log* yang ada.

2.2.2 Running Program AVO

Langkah pertama adalah pemodelan dengan program AVO. Pemodelan ini dilakukan dengan menyesuaikan data *well log P-wave* berupa *P-wave_chk*, yaitu data *P-wave* yang telah mengalami proses koreksi *check shot*. Kedua, membuat log gelombang-s. Data input berupa *P-wave_chk* dikonversikan atau diubah dalam bentuk data *S-wave*. Konversi tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan Castagna yang telah disediakan pada program Hampson Russel versi 8. Ketiga, melakukan proses FRM. Proses FRM (*Fluid Replacement Modeling*) yaitu memisahkan antara fasa gas, minyak, dan air. Proses pemisahan ini dilakukan dengan melakukan permisalan daerah *Top gas* dan *Base gas* seperti yang telah diidentifikasi pada *well log display*. Selanjutnya, melakukan *save project*. Data yang telah dilakukan proses pengolahan data disimpan dengan nama file yang mudah dikenali dan diingat.

2.2.3 Menampilkan Data Seismik

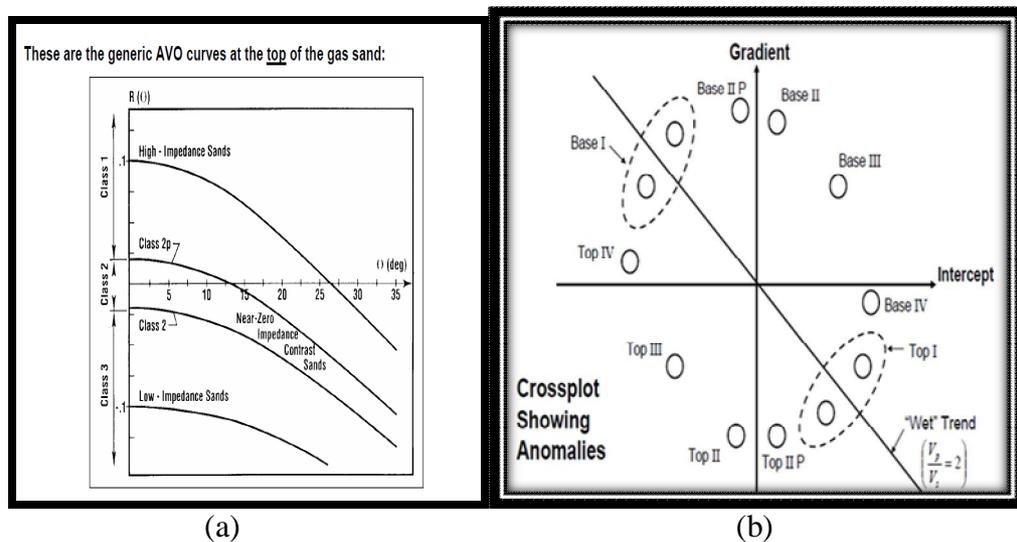
Data seismik yang memenuhi syarat interpretasi ditampilkan dengan melakukan beberapa tahapan. Tahapan tersebut terdiri dari ; membaca data seismik, menampilkan data seismik berupa data *Gather*, melakukan koreksi NMO terhadap data *Gather*, dan memberikan efek *Smoothing*. Dalam memberikan efek *Smoothing* dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya ; proses *mute*, *filter*, dan AGC (*Automatic Gain Control*). Selanjutnya dilakukan pembuatan data *Super gather*, *Trimstatic*, dan *CDP stack* serta mengekstrak *wavelet*.

2.2.4 Well Seismic Tie

Ini merupakan tahapan yang paling penting. Pada tahapan ini dilakukan pengikatan antara data sumur dengan data seismik. Sebelum dilakukan *well seismic tie*, perlu ditinjau ulang *well corelationnya*. Apakah telah memenuhi syarat untuk dilakukan *Well seismic tie* atau belum. Hal itu dilakukan dengan melihat kondisi *well log display* yang telah dikoreksi *check shotnya* dengan baik. Disamping itu juga dilakukan ekstrak *wavelet* dengan menggunakan *well log*, setelah itu dilanjutkan ke proses sintetik *gather*. Setelah itu dilakukan pemodelan AVO dan dilanjutkan ke tahapan *pick horizon*. Pada proses *pick horizon* ini akan terlihat seberapa jauh keterampilan kita dalam proses pengolahan data yang dilakukan. Karena akan tergambar sepiintas tingkat linearinya *crossplot* sebelum *crossplot AVO attribute* dijalankan.

2.2.5 Crossplot

Crossplot merupakan tahapan terakhir pada proses pengolahan data ini. Pemilihan atribut AVO disesuaikan dengan yang dibutuhkan dan yang disediakan oleh program pengolah data. Setelah *crossplot* atribut dijalankan akan diperoleh hasil anomali *crossplot* antara *intercept* dan *gradien*, yang mana dapat ditentukan kelas AVO-nya seperti sebaran zona *crossplot* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 : Klasikasi AVO (a) Berdasarkan pengaruh impedansi (b) Berdasarkan *crossplot intercept vs gradient* (Sumber : Hampson-Russel, 2008)

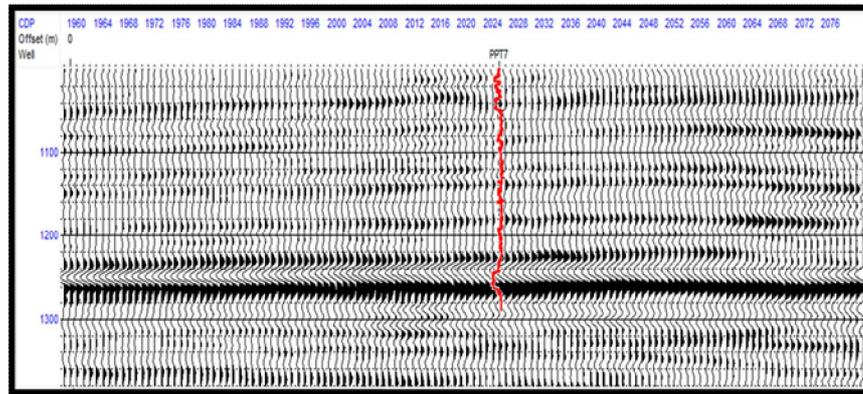
2.3 Tahap Analisis dan Kesimpulan

Hasil pemetaan bawah permukaan yang telah didapatkan kemudian dianalisis untuk mendapatkan hasil interpretasi akhir. Dari tahap ini akan diketahui apakah pemetaan yang dilakukan telah mendekati bentuk struktur lapisan bawah permukaan yang sebenarnya. Dengan melakukan perbandingan antara analisis AVO dengan litologi batuan. Dari sini juga akan didapatkan beberapa kesimpulan terkait pemetaan yang dilakukan.

III. HASIL DAN DISKUSI

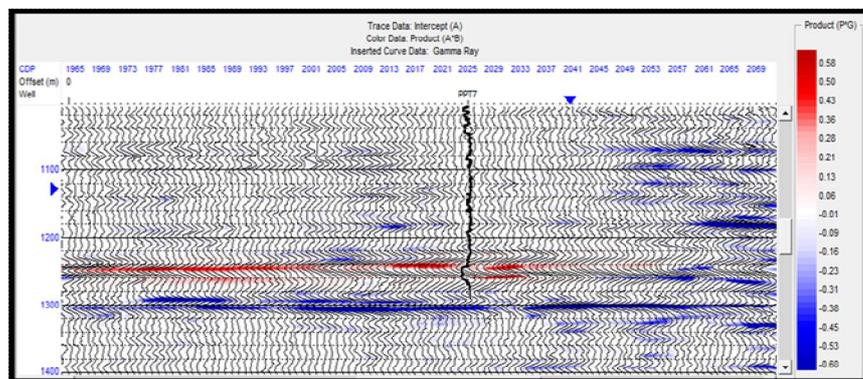
3.1 Analisis AVO (*Amplitude Versus Offset*)

Hasil keluaran program Hampson Russel berupa CDP *stack* dari lintasan seismik. Salah satu lintasan seismik penelitian adalah lintasan seismik 95LK-530 struktur X PPT 07 (Gambar 2).



Gambar 2 : Output CDP *stack* lintasan seismik 95LK-530

Gambar 2 menunjukkan hasil output CDP *stack* yang dikorelasikan dengan sumur PPT 07 untuk log gamma ray. Disamping itu, output CDP *stack* telah dilakukan penjumlahan semua CDP untuk lintasan seismik 95 LK-530. Sehingga menghasilkan indikasi *brightspot* secara jelas. *Brightspot* lintasan seismik 95LK-530 berada pada saat waktu 1250 sekon dan kedalaman 1250 meter atau berada pada zona 1275 formasi Keutapang. Namun, CDP yang ditampilkan hanya posisi CDP 1960 sampai CDP 2076.



Gambar 3 : Output AVO *product*

Gambar 3 menunjukkan hasil output AVO *product* dengan warna keluaran yang mengindikasikan hasil $A \cdot B$. Data A merupakan *intercept* dan data B merupakan *gradient*. Warna merah sebagai indikasi hasil positif sedangkan warna biru sebagai indikasi hasil negatif. Rentang harga *product* berada pada angka +0,60 sampai -0,60. Perkalian antara komponen A dan komponen B tersebut berdasarkan pada pemodelan Sheuey dan Aki-Richards.

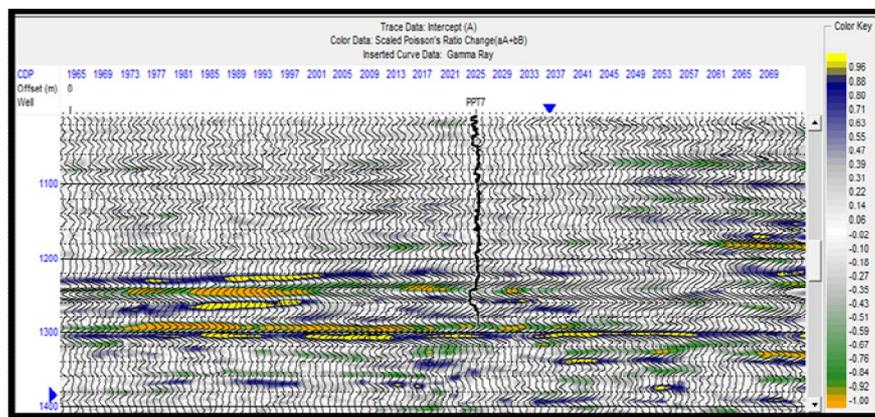
Atribut AVO *product* lintasan seismik 95LK-530 dikorelasikan dengan sumur struktur X PPT 07. Log dari struktur X PPT 07 yang terlihat pada Gambar 3 adalah log gamma ray. Lintasan CDP yang dipilih untuk pengikatan antara log gamma ray dengan atribut AVO *product* berada pada posisi CDP 2025. Untuk kedalaman yang mengindikasikan hasil positif AVO *product* terdapat pada kedalaman 1250 meter. Sehingga pada kedalaman tersebut dapat dilihat sebaran *top gas sand* dan *base gas sand*, seperti yang dimodelkan dengan warna merah.

Analisis AVO selanjutnya adalah atribut *scaled Poisson's ratio change* yang merupakan hasil $A+B$. Hasil output *scaled Poisson's ratio change* ditunjukkan pada Gambar 4. Korelasi sumur terhadap lintasan seismik yang digunakan masih sama dengan atribut AVO *product*

sebelumnya. Namun pada output atribut ini memiliki indikasi warna yang berbeda dengan atribut *AVO product*. Warna yang dipakai seperti yang berada pada kolom *color key*, yakni warna kuning, biru tua, biru muda, putih, hijau muda, hijau tua, dan merah bata (*orange*). Rentang harga warna tersebut berada pada nilai +1,00 sampai -1,00.

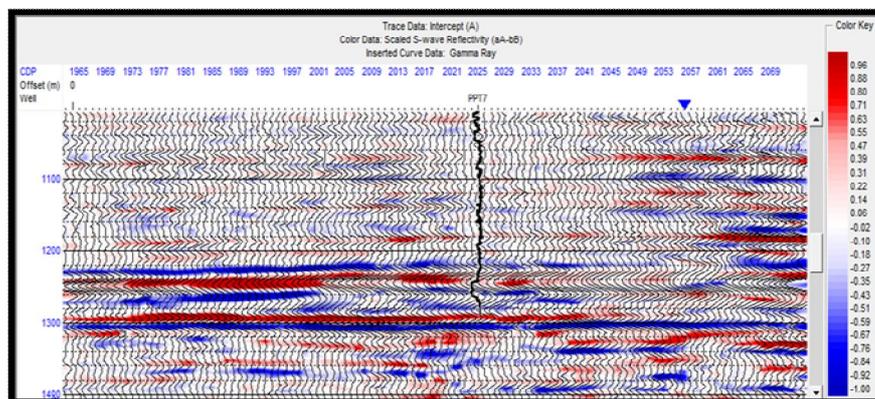
Hasil output *scaled Poisson's ratio change* dengan korelasi sumur struktur X PPT 07 menunjukkan hubungan dengan output atribut *AVO product*. Warna untuk indikasi sebaran hidrokarbon terdapat pada CDP 2025 dan kedalaman 1250 meter. Sebenarnya kondisi ini sudah terlihat pada CDP 1970. Namun karena penyesuaian posisi masing-masing atribut, maka diambil posisi CDP 2025.

Indikasi warna pada kolom *color key* mempunyai arti yang berbeda. Warna kuning merupakan indikasi hasil/respon positif sedangkan warna merah bata (*orange*) indikasi hasil/respon negatif. Respon negatif menunjukkan posisi *top* reservoir sedangkan respon positif menunjukkan *base* reservoir. Sehingga pada hasil output pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa warna merah bata (*orange*) merupakan *top gas sand*, sedangkan warna kuning merupakan *base gas sand*. Hasil tersebut menunjukkan kesamaan dengan *AVO product* yang sama-sama berada pada kedalaman 1250 meter. Selain dari dua warna tersebut merupakan daerah penyebaran *shale* gas atau air.



Gambar 4 : Output skala *Poisson ratio change*

Atribut *AVO* selanjutnya adalah *shear reflectivity* atau lebih dikenal harga selisih *intercept* dan *gradient* (A-B). Output *AVO* atribut *shear reflectivity* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.

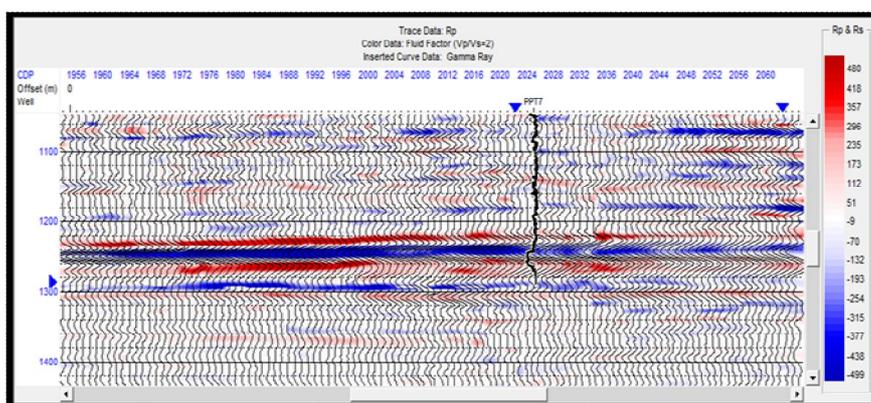


Gambar 5 : Output *shear reflectivity*

Korelasi sumur yang digunakan adalah sumur struktur X PPT 07 dengan lintasan seismik 95LK-530. Dari Gambar 5 dapat dilihat output log *gamma ray* pada posisi CDP 2025. Disamping itu output dari hasil atribut *shear reflectivity* yang mengindikasikan sebaran reservoir diperlihatkan dengan warna *color key* yang terdapat pada Gambar 5. Daerah sebaran

reservoir masih diindikasikan pada kedalaman 1250 meter, seiring dengan kesesuaian rentang nilai γ untuk indikasi reservoir.

Kondisi pada *top* reservoir ditandai dengan peningkatan nilai impedansi (Hampson-Russell, 2008). Pada output *shear reflectivity* terlihat nilai masing-masing warna. Warna merah menunjukkan respon positif, sedangkan warna biru merupakan respon negatif. Sebaran warna merah secara lateral pada CDP 1965 sampai CDP 2040 berupa respon positif, sedangkan warna biru di bawahnya adalah respon negatif. Sesuai dengan pernyataan Hampson-Russell, meningkatnya nilai impedansi terdapat pada lapisan *top* reservoir. Peningkatan nilai tersebut bila dilihat dari indikasi warna pada kolom *color key*, ditunjukkan oleh warna yang menandai terjadinya respon positif yakni warna merah. Sehingga dapat dikatakan sebaran warna merah pada kedalaman 1250 merupakan *top* reservoir dari output *shear reflectivity* struktur X PPT 07.



Gambar 6 : Output *fluid factor*

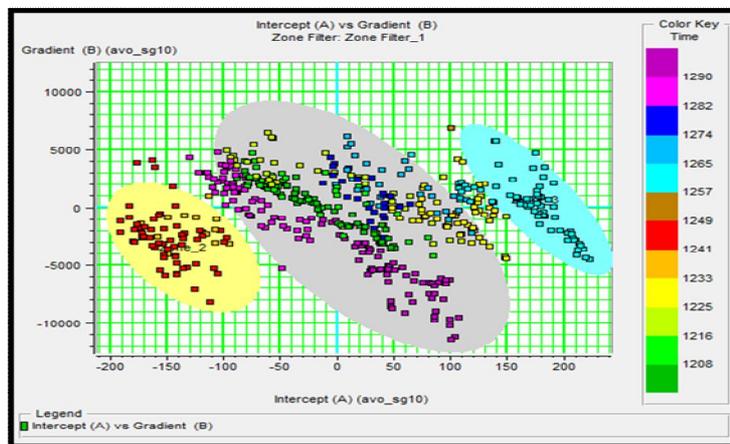
Gambar 6 masih menunjukkan korelasi antara log γ dari sumur struktur X PPT 07 dengan lintasan seismik 95LK-530. Korelasi tersebut menunjukkan hubungan antara nilai masing-masing komponen seismik dengan nilai log γ . Untuk mendapatkan output sesuai dengan yang ada pada kolom warna, dilakukan perbandingan antara nilai R_p dan R_s sesuai dengan pernyataan yang dinyatakan oleh Hampson-Russell. Nilai R_p ataupun R_s berkaitan erat dengan nilai kecepatan perambatan gelombang seismik. Dalam hasil ini yang dibandingkan adalah R_p/R_s , sehingga secara tidak langsung membandingkan nilai kecepatan perambatan gelombang primer terhadap gelombang sekunder.

Dari hasil perbandingan tersebut dihasilkan keluaran berupa warna yang memiliki indikasi reservoir seperti yang terdapat pada Gambar 6. Warna merah, merah muda, putih, biru muda, dan biru masing-masing memiliki nilai yang berbeda. Perbedaan itu sesuai dengan hasil perbandingan antara R_p dan R_s . Kolom warna pada Gambar 6 memiliki rentang harga +500 sampai -500 yang merupakan nilai perbandingan R_p dan R_s . Pada output dari hasil *fluid factor* tersebut memiliki kekurangan, karena seharusnya nilai perbandingan R_p dan R_s yang ditampilkan adalah +1 sampai -1. Namun, tidak begitu halnya pada output dari hasil *fluid factor* pada Gambar 6. Walaupun demikian, hasil dari atribut *fluid factor* tersebut masih dapat dipakai dan dianalisis sebagai data pembanding dengan atribut AVO yang lainnya.

Sama halnya dengan output dari hasil atribut AVO sebelumnya, atribut *fluid factor* terdapat indikasi sebaran reservoir pada kedalaman 1250 meter dengan posisi CDP utama 2025. Untuk indikasi reservoir pada pemodelan *fluid factor*, respon negatif menunjukkan daerah sebaran *top* reservoir. Sementara respon positif merupakan daerah *base* reservoir. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa warna biru merupakan indikasi *top* reservoir sedangkan warna merah adalah *base* reservoir. Warna merah yang mengindikasikan *base* reservoir adalah sebaran warna merah yang berada di bawah lapisan sebaran warna biru.

Dengan melihat perbandingan hasil dari masing-masing atribut AVO, dapat diketahui kesesuaian posisi daerah sebaran reservoir pada sumur struktur X PPT 07 yang dikorelasikan dengan lintasan seismik yang terdekat dengannya. Namun, dengan mengetahui kesesuaian masing-masing atribut belum cukup untuk dilakukan analisis AVO, masih ada tahapan

selanjutnya yakni menentukan kelas AVO-nya. Penentuan kelas AVO dilakukan dengan metode *crossplot intercept* dan *gradient* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

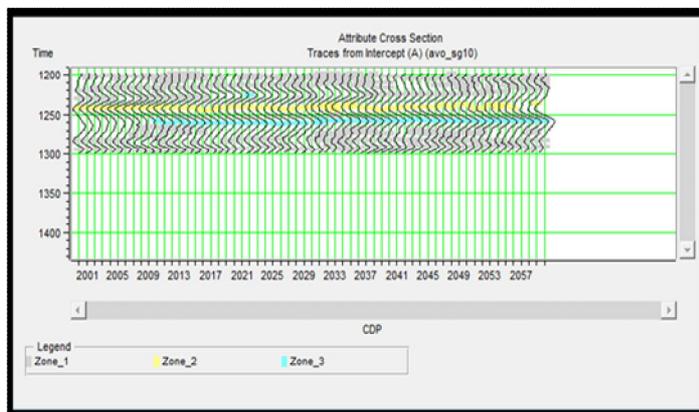


Gambar 7 : Output crossplot intercept vs gradient

Analisis penentuan kelas AVO dilakukan dalam satuan waktu yang ada pada komponen data seismik, sesuai dengan petunjuk interpretasi akhir dari tahapan proses analisis AVO. *Color key time* pada Gambar 7 menunjukkan indikasi warna dengan nilai kecepatan masing-masing. Tiap warna akan mengisi kotak-kotak kecilnya yang menggambarkan penyebarannya pada lintasan dan kedalaman tertentu.

Dengan memperhatikan kolom *color key time* terdapat 12 macam warna yang berbeda. Perbedaan warna tersebut karena perbedaan dari nilai kecepatan perambatan tiap gelombang seismik. Batas bawah waktu adalah 1208 sekon sedangkan batas atas waktu adalah 1290 sekon. Dari hasil *crossplot intercept* dan *gradient* dibagi menjadi 3 area sebaran. 3 area sebaran tersebut digunakan indikasi warna kuning, abu-abu, dan biru muda. Warna kuning diisi oleh 3 tipe kotak warna yang terdapat pada *color key time*, yakni warna coklat (waktu = 1249 – 1257 sekon), merah (waktu = 1241 – 1249 sekon), dan kuning tua (waktu = 1233 – 1241 sekon). Sedangkan warna biru diisi oleh 2 tipe kotak warna yang terdapat pada *color key time*, yakni warna biru muda (waktu = 1257 – 1265 sekon) dan biru (waktu = 1265 – 1274 sekon). Sementara itu, sisa dari kotak-kotak warna pada *color key time* tersebar pada area warna abu-abu.

Area dengan warna yang berbeda memiliki arti tertentu berdasarkan analisis petrofisik. Sebelum melanjutkan pada analisis petrofisik, ditentukan terlebih dahulu kelas AVO-nya. Pembagian kelas AVO menggunakan prinsip pembagian kelas AVO Rutherford dan Williams seperti yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 8 : Output shale-gas sand dari proses intercept vs gradient

1275 batupasir yang berisi gas masuk ke dalam AVO kelas III, ditandai dengan nilai impedansi batupasir yang rendah dan peningkatan AVO.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada PT. Pertamina EP yang telah memfasilitasi penelitian ini dan segala bantuan teknis serta diskusi yang diberikan selama penelitian berlangsung. Disamping itu terima kasih juga diucapkan pada Bapak Dr. M. Ali Shafii, Bapak Afdal, M.Si., dan Bapak Ardian Putra, M.Si., selaku tim reviewer e-Jurnal Fisika Unand.

DAFTAR PUSTAKA

- Hampson-Russell, 2008, AVO Workshop, Denpasar : A CGGVeritas Company.
Madrizal, I., 2011. Hidrokarbon dan Minyak Bumi, Kotamabagu.
Pertamina EP, 2013, Laporan Cadangan Minyak dan Gas Pertamina DOH NAD Sumbagut, Jakarta : Pertamina EP Devisi Sumbagut.
Priyono, A., 1999, *Konsep Metode Seismik*, Bandung : ITB.
Sulistyoasih, S., 2011, Analisis Inversi Impedansi Elastik Untuk Identifikasi Penyebaran Reservoir Batupasir.
[http :/www. Ensiklopediseismik.blogspot.com](http://www.Ensiklopediseismik.blogspot.com), diakses Mei 2013.