

PENGARUH INVERSI FILTER Q TERHADAP AMPLITUDO SESAAT (*INSTANTANEOUS AMPLITUDE*) DATA SEISMIK

Khristian Enggar Pamuji

Jurusan Fisika, Universitas Negeri Papua

Jl. Gunung salju Amban, Manokwari

k_enggar_p@yahoo.com

Abstrak

Gelombang seismik yang melewati media akan mengalami atenuasi (pelemahan) akibat terjadinya perubahan energi elastis menjadi panas. Selama mengalami pelemahan, gelombang mengalami perubahan-perubahan antara lain, penurunan amplitudo, perubahan bentuk gelombang akibat terserapnya frekuensi-frekuensi tinggi, dan pergeseran fase. Pada penelitian ini, efek pelemahan pada data seismik direduksi dengan penerapan metode inversi filter Q. Penerapan inversi filter Q pada data seismik dapat memperbaiki kualitas dan resolusi data seismik. Peningkatan kualitas dan resolusi data seismik, dapat dilihat pada seismik atribut (Amplitudo Sesaat) dari data seismik yang sudah mengalami proses inversi filter Q. Hasil yang diperoleh dalam studi ini menunjukkan bahwa atribut seismik (Amplitudo sesaat) akan lebih baik jika terlebih dahulu diterapkan inversi filter Q.

Kata kunci: *Atribut seismik, Inversi Filter Q, Amplitudo sesaat*

Abstract

Seismic waves travelling through media are attenuated by the conversion of elastic energy into heat. Upon being attenuated, the travelling wave changes: amplitude is reduced, travelling waveform is modified due to high-frequency content absorption, and phase is delayed. In this study, the effect of attenuation on seismic data was reduced by applying inverse Q filter method. Application of inverse Q filter on seismic data, can improve the quality and resolution of data. Improving the seismic data quality and its resolution can be seen at seismic attributes (Instantaneous Amplitude) of seismic data. The results of study indicate that the seismic attributes (instantaneous amplitude) would be better if the inverse Q filter was applied.

Keyword: *Seismic attribute, Invers Q Filter, Instantaneous Amplitude*

1. PENDAHULUAN

Seperti kita ketahui bahwa gelombang seismik akan mengalami pelemahan (atenuasi) jika melewati medium bumi. Pelemahan ini akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk gelombang, peluruhan amplitudo dan pergeseran fase. Dampak negatif yang ditimbulkan tentunya akan sangat banyak, antara lain berkurangnya resolusi data seismik atau tidak terdeteksinya lapisan-lapisan tipis yang ada, batas kontinuitas perlapisan yang kurang jelas, serta informasi-informasi lain yang hilang, sehingga menyebabkan kesalahan-kesalahan dalam interpretasi. Untuk itu diperlukan metode yang lebih baik lagi dalam pengolahan data seismik, terutama untuk mengurangi efek atenuasi. Salah satu cara mengembalikan efek atenuasi data seismik adalah dengan menggunakan Inversi Filter Q. Penggunaan Inversi Filter Q juga akan mempengaruhi resolusi pada atribut-atribut seismik.

Atribut-atribut tersebut menghadirkan suatu kemajuan dalam resolusi seismik, sehingga dari ekstraksi data seismik diperoleh informasi mengenai struktur dan stratigrafi bawah permukaan yang lebih detail. Atribut-atribut ini menawarkan kemudahan bagi interpreter dalam menginterpretasikan suatu penampang seismik, sama mudahnya seperti seorang ahli geologi dalam memetakan sesar dan lapisan langsung dari singkapan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang seismik

Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang menjalar di dalam bumi. Gelombang elastik yang menjalar di dalam medium seperti gelombang suara, berdasar sifat-sifatnya dapat dikategorikan sebagai gelombang seismik. Gelombang seimik dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yakni gelombang badan dan gelombang permukaan. Gelombang badan merambat dalam badan medium yang berarti

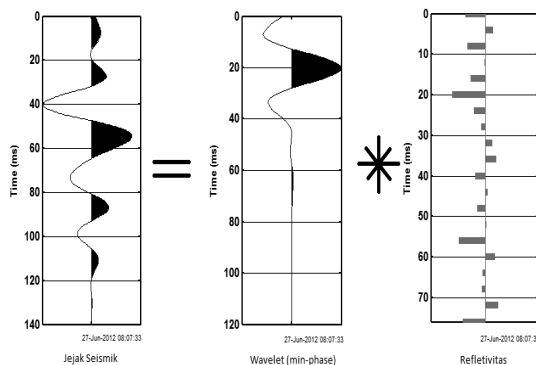
dapat pula merambat di permukaan medium. Gelombang permukaan adalah gelombang yang terpandu oleh suatu permukaan bidang batas medium. Oleh karena itu gelombang permukaan ini mempunyai amplitudo yang mengecil dengan cepat terhadap kedalaman atau jarak dari permukaan pemandu. Persamaan gelombang seismik untuk 1 dimensi adalah :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (1)$$

dimana c adalah kecepatan gelombang, t adalah waktu, x adalah arah penalaran gelombang dan y merupakan fungsi x , dalam seismologi y menunjukkan komponen pergeseran [1][2].

2.2 Jejak Seismik (*Seismic Trace*)

Jejak seismik (*seismic trace*) atau sinyal seismik adalah data seismik yang terekam oleh satu perekam (*geophone*). Jejak seismik mencerminkan respon dari medan gelombang elastik terhadap kontras impedansi akustik (*reflektivitas*) pada batas lapisan batuan yang satu dengan batuan yang lain. Secara matematika, jejak seismik merupakan konvolusi antara wavelet sumber gelombang dengan reflektivitas bumi (Gambar 1).



Gambar 1. Jejak seismik yang merupakan hasil konvolusi antara sumber gelombang dengan koefisien refleksi

Konvolusi adalah suatu proses matematika yang mana diperoleh keluaran dari suatu masukan pulsa gelombang ke dalam sistem LTI (*linear time invariant*) yang dioperasikan dengan notasi asterik (*), sehingga:

Jejak seismik = wavelet sumber gelombang * reflektivitas

2.3 Atribut Seismik

Pemrosesan data seismik merupakan tahapan yang penting dalam eksplorasi seismik refleksi,

karena tahap ini akan menentukan kualitas data yang akan diinterpretasi. Data seismik 2-D yang telah termigrasi terkadang masih memperlihatkan karakter refleksi yang kurang jelas sehingga menimbulkan ambiguitas dalam proses interpretasi. Untuk itu dibutuhkan pemrosesan dan analisa sinyal seismik yang sesuai dengan karakteristik sinyal tersebut, salah satunya adalah atribut seismik.

Atribut seismik menghadirkan suatu kemajuan dalam resolusi seismik, sehingga dari ekstraksi data seismik diperoleh informasi mengenai struktur dan stratigrafi bawah permukaan yang lebih detail. Atribut seismik ini menawarkan kemudahan bagi interpreter dalam menginterpretasikan suatu penampang seismik, sama mudahnya seperti seorang ahli geologi dalam memetakan sesar dan lapisan langsung dari singkapan.

Karakteristik bumi muncul akibat bumi bertindak sebagai filter yang kompleks. Sinyal seismik merupakan sinyal yang kompleks, sehingga dalam pengolahan data seismik, sinyal seismik harus diperlakukan sebagai sinyal yang kompleks. Sebuah jejak seismik $f(t)$ merupakan bagian riil dari jejak kompleks $F(t)=f(t)+ih(t)$, dan $h(t)$ merupakan komponen imajiner (*kuadratur* atau *konjugasi*) dari jejak kompleks. Jejak kuadratur $h(t)$ dapat dideterminasi dari jejak real $f(t)$ dengan menggunakan Transformasi Hilbert (Gambar 2), $h(t)=1/\pi t * f(t)$.

Bagian riil jejak kompleks $f(t)$, dapat dinyatakan dalam persamaan yang melibatkan perubahan amplitudo terhadap waktu $A(t)$ dan perubahan fasa terhadap waktu $\theta(t)$ seperti berikut :

$$f(t) = A(t) \cos \theta(t) \quad (2)$$

Sedangkan bagian imajinernya :

$$h(t) = A(t) \sin \theta(t) \quad (3)$$

sehingga persamaan jejak kompleksnya menjadi:

$$F(t) = f(t) + ih(t) = A(t)e^{i\theta(t)} \quad (4)$$

Jika $f(t)$ dan $h(t)$ diketahui, maka dapat dicari besarnya nilai $A(t)$ dan nilai $\theta(t)$, yaitu :

$$A(t) = [f^2(t) + h^2(t)] = |F(t)| \quad (5)$$

Dan

$$\theta(t) = \tan^{-1} |h(t)/f(t)| \quad (6)$$

$A(t)$ sering disebut *instantaneous amplitude* dan $\theta(t)$ disebut *instantaneous phase*. Kecepatan perubahan fase dinamakan *instantaneous frequency* $\omega(t)$. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

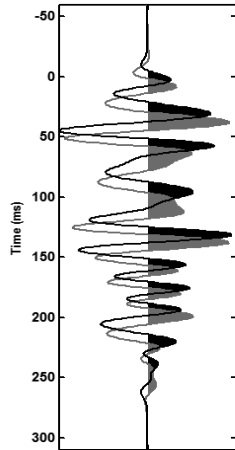
$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (7)$$

Atau

$$\omega(t) = \frac{f(t) \frac{dh(t)}{dt} - h(t) \frac{df(t)}{dt}}{f^2(t) + h^2(t)}$$

Atau dapat juga dinyatakan dalam bentuk konvolusi sebagai berikut [9]:

$$\omega(t) = \int_{-\infty}^{\infty} d(\tau)\theta(t - \tau)d\tau(8)$$



Gambar 2. Jejak kompleks, bagian riil (hitam) dan bagian imajiner (merah)

2.4 Atenuasi

Perambatan gelombang seismik yang melalui bumi mengalami pelemahan (atenuasi) yang disebabkan oleh perubahan energi elastis menjadi energi panas. Simpangan pada dua jarak berbeda x_0 dan x dari sumber untuk perambatan gelombang dalam medium homogen dapat dideskripsikan oleh persamaan berikut [1][2][3] :

$$y(x) = A(x_0) \exp[-\alpha(x - x_0)] , \quad (9)$$

Dengan α adalah koefisien atenuasi, A_0 adalah simpangan mula-mula pada jarak $x = 0$ dari sumber atau pada titik acuan dan x adalah jarak antara sumber dan titik pengukuran.

2.5 Metode spektral rasio

Metode rasio spektral adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung nilai faktor kualitas suatu medium (Q) dari data seismik. Nilai Q yang diperoleh dapat digunakan untuk melakukan koreksi amplitudo dan fasa akibat adanya efek atenuasi. Metode rasio spektral pada hakekatnya membandingkan spektrum amplitudo di suatu tempat $A_1(\omega)$ terhadap spektrum amplitudo di satu referensi $A_2(\omega)$,

$$B(\omega) = \frac{A_1(\omega)}{A_2(\omega)} . \quad (10)$$

Sementara secara umum, amplitudo pada posisi tertentu $A(\omega)$ dapat dituliskan sebagai fungsi dari amplitudo pada posisi awal $A_0(\omega)$

$$A(\omega) = G(x)A_0(\omega)e^{-\alpha(\omega)x} \quad (11)$$

dengan catatan $G(x) = 1/x$ adalah faktor geometri. Untuk 2 posisi yang berbeda, yaitu posisi 1 dan 2, maka:

$$B(\omega) = \frac{G(x_1)A_0(\omega)e^{-\alpha(\omega)x_1}}{G(x_2)A_0(\omega)e^{-\alpha(\omega)x_2}} \quad (12)$$

Bila ditulis $\alpha(\omega)(x_1 - x_2) = \omega t/2Q$ maka persamaan tersebut menjadi

$$B(\omega) = B_0(\omega)e^{-\frac{\omega t}{2Q}} , \quad (13)$$

Atau

$$\ln[B(\omega)] = \ln[B_0(\omega)] \left[-\frac{\omega t}{2Q} \right] , \quad (14)$$

Persamaan tersebut menyatakan bahwa jika dibuat plot antara rasio spektrum $\ln[B(\omega)]$ terhadap frekuensi, maka grafiknya akan berupa suatu garis lurus dengan kemiringan (*slope*) $-\pi t/Q$. Jika didefinisikan *slope* sebagai konstanta m maka faktor kualitas kini dapat dihitung dari

$$Q = \frac{\pi t}{m} \quad (15)$$

Atau [4]

$$Q = \frac{27,3t}{m} \quad (16)$$

2.6 Inversi Filter Q

Cara yang paling mendasar untuk menerapkan inversi filter Q adalah dengan membangun suatu matrik Q dan kemudian membalik atau menginversnya. Jejak seismik merupakan konvolusi antara wavelet, Q , dan reflektivitas.

$$s = W * Q * r \quad (17)$$

Sehingga reflektivitas dapat ditentukan dalam hubungan antar matrik Q^{-1} dan W^{-1} dari persamaan tersebut sebagai berikut :

$$r = W^{-1}Q^{-1}s + [Q^{-1}, w^{-1}]s \quad (18)$$

Hale (1981) mengusulkan sebuah metode untuk membangun sebuah matriks yang ekuivalen dengan Q , yaitu matrik Q_E , dan kemudian membalik matrik tersebut. Matriks Q_E dihasilkan oleh perkalian matriks Q dengan matriks pembantu, P , yang kolom-kolomnya adalah invers (konvolusional) dari kolom matriks Q

(invers dalam arti bahwa konvolusi antara dua kolom adalah fungsi delta). Sehingga Jejak seismik terbalik dihitung sebagai [4][5][6][7][8]

$$r \approx W^{-1}(PQ)^{-1}Ps \quad (19)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data dan Perangkat Lunak

Data yang dijadikan objek dalam penelitian adalah rekaman *Seg-Y* data seismik USGS Central Alaska. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sistem operasi *Window*, Program *MATLAB*, *OpendTech*, beberapa *Office* yang bekerja pada sistem operasi *window*.

3.2 Pengolahan data Metode Spektral Rasio

Langkah pertama yang dilakukan dalam pengolahan data adalah menentukan besarnya nilai faktor kualitas (Q) dari data seismik. Metode yang digunakan untuk menentukan nilai Q adalah metode rasio spektral. Metode rasio spektral pada hakekatnya membandingkan spektrum amplitudo di suatu tempat $A_1(\omega)$ terhadap spektrum amplitudo di satu referensi $A_2(\omega)$. Dua buah *window* didesain untuk menganalisis spektrum amplitudo pada masing-masing *window*. *Window* yang pertama untuk melihat spektrum amplitudo didaerah dangkal, sedangkan *window* yang kedua untuk melihat spektrum amplitudo didaerah yang dalam. Nilai Q yang diperoleh nantinya digunakan sebagai acuan untuk melakukan koreksi amplitudo dan fasa akibat adanya efek atenuasi melalui Invers Q Filter.

Invers Q Filter

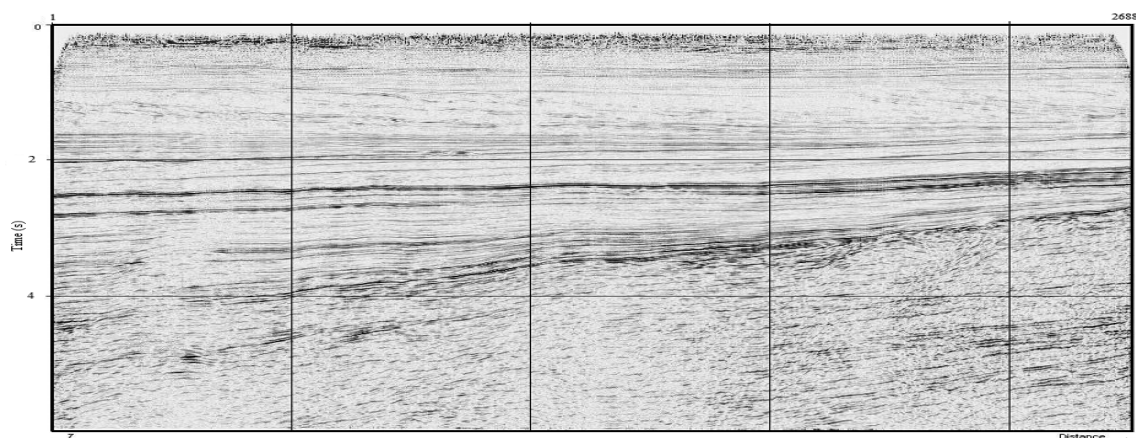
Invers Q -Filter (IQF) merupakan sebuah teknik yang dirancang untuk mengkompensasi hilangnya energi akibat gelombang teratenuasi ketika melewati medium inelastik. Cara yang paling mendasar untuk menerapkan invers filter Q invers adalah dengan membangun suatu matrik Q dan kemudian membalik atau menginversinya.

Amplitudo Sesaat (*Instantaneous Amplitude*)

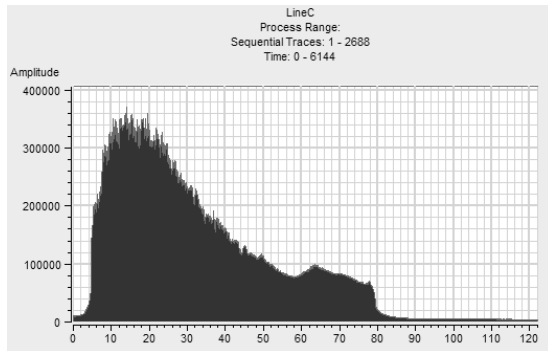
Langkah selanjutnya adalah menentukan Amplitudo sesaat. Amplitudo sesaat adalah fungsi selubung (*envelope*) jejak seismik yang merupakan ukuran energi jejak seismik yang kuat (*robust*), halus (*smoothed*), dan tidak bergantung pada polaritas pada waktu yang diberikan. Amplitudo sesaat dapat diperoleh dengan menghitung nilai absolut dari komponen riil dan komponen imajiner suatu sinyal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Seismik yang dijadikan objek dalam penelitian adalah rekaman *Seg-Y* dari data seismik NPRA (National Petroleum Reserve-Alaska) USGS Central Alaska, yang diambil pada tahun 1981. Alaska merupakan Negara bagian Amerika Serikat yang kaya akan minyak. Di daerah North Slope minyak bumi berasal dari beberapa cekungan, antara lain cekungan Beaufort dan Chukchiyang berasal dari era Cenozoic dan cekungan Colvine dari era Mesozoic, dan di dominasi oleh sandstone dan limestone. Dari beberapa lintasan yang ada dipilih salah satu lintasan yaitu *Line C*, kemudian Data tersebut difilter dengan menggunakan filter *bandpass*, dengan pita frekuensi 0.5 – 80 Hz, untuk menghindari *noise* frekuensi rendah (seperti *ground roll*) dan *noise* frekuensi tinggi (*ambient noise*).



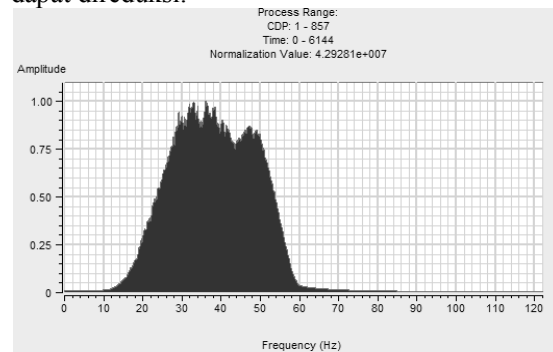
Gambar 3. Densitas variabel data seismik USGS Central Alaska (Line C, Trace 1 –2688)



Gambar 4. Spektrum amplitudo data seismik pada gambar 3

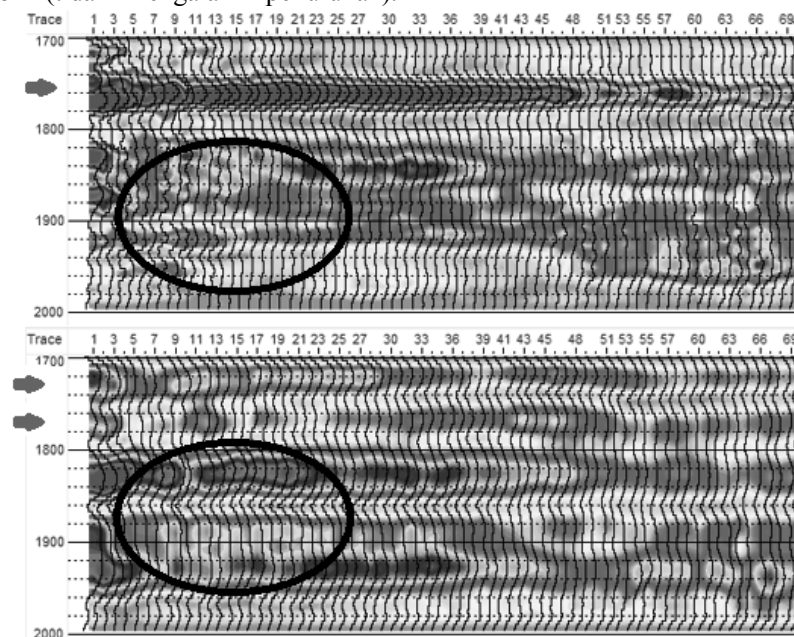
Gambar 4 merupakan spektrum amplitudo data seismik sebelum dilakukan inversi filter Q. Dari kurva tersebut terlihat bahwa kandungan frekuensi tinggi cenderung menurun bahkan akan menghilang. Kandungan frekuensi tinggi yang membawa informasi detail berkurang, sehingga resolusi data seismik juga mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh adanya atenuasi. Selanjutnya metode perbandingan spektrum (*Spectrum Ratio Method*) digunakan untuk menentukan besarnya nilai Q medium yang dilewati gelombang. Setelah dilakukan filter bandpass dan inversi filter Q pada data seismik, spektrum amplitudo mengalami perubahan, seperti terlihat pada gambar 5. Frekuensi 30-50 Hz lebih stabil (tidak mengalami penurunan).

Perubahan ini menunjukkan bahwa efek atenuasi dapat direduksi.



Gambar 5 Spektrum amplitudo data seismik setelah inversi filter Q.

Dampak dari inversi filter Q dampak juga dilihat pada atribut seismik (Amplitudo sesaat), seperti pada gambar 6. Amplitudo sesaat merupakan nilai mutlak dari suatu trace seismik. Amplitudo seismik akan menurun nilainya seiring dengan bertambahnya kedalaman, yang tentu saja akan membuat atribut amplitudo sesaat akan berkurang resolusinya. Dengan adanya inversi filter Q, otomatis akan mengembalikan amplitudo yang terserap akibat adanya atenuasi bumi, sehingga akan memperbesar nilai mutlak pada amplitudo sesaat.



Gambar 6. a) Amplitudo sesaat sebelum inversi filter Q (atas),

b) Amplitudo sesaat setelah dilakukan inversi filter Q (bawah)

Pada gambar 6 (lingkaran hitam) terdapat perbedaan yang jelas pada amplitudo sesaat antara sebelum dan sesudah inversi. Sebelum inversi, pada kedalaman 1800-1900 ms tidak terlihat secara jelas pemisah reflector horizontalnya. Hal ini berbeda amplitudo sesaat sesudah diterapkannya inversi, reflector secara tegas terpisahkan. Begitu juga dengan yang ditandai dengan anak panah merah (kedalaman 1700-1800 ms). Pada gambar 6.a, meskipun gambar sangat jelas (warna ungu), tetapi tidak dapat membedakan dua even horizontal yang berbeda pada kedalaman tersebut. Perlu diingat bahwa adanya atenuasi akan mengakibatkan λ (panjang gelombang) bertambah panjang dan amplitudo akan berkurang, hal ini menyebabkan dua buah reflektor yang berdekatan (yang berjarak kurang dari 1λ) tidak dapat dipisahkan. Sedangkan ketika inversi filter Q diterapkan, amplitudo dan panjang gelombang akan kembali seperti semula, sehingga pada gambar 6.b terlihat terpisah.

- Petrophysics: Institute of Applied Geophysics, Austria
- [4] Hauge, P., 1981, Measurements of attenuation from vertical seismic profiles: *Geophysics*, 46, 1548–1558
- [5] Hale, D., 1981, An Inverse Q filter: SEP report 26 .
- [6] Kjartansson, E., 1979, Constant Q -wave propagation and attenuation: *J. Geophys. Res.*, 84, 4737-4748.
- [7] Chuandong Xu and Robert Stewart. 2006. Estimating seismic attenuation (Q) from VSP data: CSEG Recorded P 57-61.
- [8] Montana, C, F., And Margrave, G, F., 2005. Comparing three methods for inverse- Q filtering; CSEG National Convention
- [9] White, R. E., 1991, *Properties of instantaneous seismic attributes*. *Geophysical*, The Leading Edge of Exploration, July, 1991

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa inversi filter Q pada data seismik akan berdampak juga pada atribut seismik (Amplitudo Sesaat). Amplitudo sesaat terlihat lebih jelas dan tegas. Reflektor-reflektor yang memberikan respon amplitudo yang sama (yang berasosiasi dengan lithology yang sama) akan terlokalisasi dengan baik. Hal ini tentunya akan lebih mudah bagi interpreter dalam menginterpretasi data seismik.

5.2 Saran

Perlu diaplikasikan pada atribut-atribut seismik yang lain (Fase sesaat, Frekuensi sesaat) untuk melihat pengaruh inversi filter Q.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bullen, K, E., And Bolt, B, A. An introduction to the theory of seismology: Cambridge University Press.
- [2] Grant, F, S., And West, G, F., 1965. Interpretation theory in applied geophysics: Mc-Graw-Hill Book Company
- [3] Schon, J, H., 1996. Physical Properties of Rock: Fundamentals and Principles of