

ATENUASI GELOMBANG (STUDI PADA GELOMBANG SEISMIK)

Hurriyah

Staf Pengajar jurusan Tadris IPA Fisika IAIN Imam Bonjol Padang

ABSTRACT

Goal of this paper is to know how to solve attenuation in wave phenomena. This paper especially concern on seismic attenuation. This paper is using library studies. The parameters that use in quantitative measurement of wave attenuation is Q factor Quality, where high attenuation suitable to low Q factor and low attenuation suitable to high Q factor. In seismology, the parameter of Q knows as seismic quality factor. Seismic quality factor is important wave parameter beside of wave velocity if we want to understand about characteristic of subsurface.

There are several method to determine Q factor in oil and gas industry. The most usefull method is spectral ratio method, when a Q is slope of logaritma natural ratio of deep wave spectral and shallow wave spectral. According to Munadi,2000, spectral ratio method is membandingkan spectrum amplitude at $A_1(\omega)$ to $A_2(\omega)$

Keywords: Attenuation, Q factor, spectral ratio method

Pendahuluan

Gelombang merupakan usikan yang terjadi akibat perambatan energi osilasi. Gelombang berdasarkan arah rambatannya dibagi menjadi dua jenis, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah penjalarannya tegak lurus terhadap arah rambatannya, sedangkan gelombang longitudinal adalah gelombang yang memiliki arah penjalaraan yang sejajar dengan arah rambatannya.

Dalam mengungkapkan fenomena gelombang, ada banyak sekali permasalahan yang perlu dikaji lebih dalam. Salah satunya adalah mengenai atenuasi gelombang. Dalam sistem transmisi gelombang, misalnya dalam pengiriman sinyal, biasanya sinyal yang diterima pada receiver tidaklah selalu sama dengan yang ditransmisikan. Hal ini diakibatkan banyaknya noise yang ditemui selama penjalaraan sinyal tersebut. Atenuasi gelombang adalah gejala pelemahan sinyal transmisi seiring

dengan penambahan jarak dari transmitter ke receiver.

Kajian tentang atenuasi gelombang ini menarik dipelajari lebih mendalam, agar pengiriman sinyal dapat dilakukan dengan baik tanpa menghilangkan informasi yang seharusnya diterima di receiver.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan kajian studi kepustakaan. Langkah-langkah penelitian ini adalah:

1. mengumpulkan bahan pendukung teori atenuasi gelombang
2. menganalisis hipotesis-hipotesis yang telah ada tentang atenuasi berdasarkan kajian teori.

Mengkaji masalah-masalah atenuasi, perhitungan, dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atenuasi gelombang.

Pembahasan

1. Gelombang

Gelombang merupakan reaksi akibat usikan mekanis pada suatu tempat

yang kemudian menjalar di dalam suatu medium. Penjalaran gelombang ini terjadi karena sifat-sifat elastis medium bereaksi terhadap usikan tadi. Gelombang seismik disebut juga gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel medium terjadi akibat interaksi-antara gaya gangguan (gradient stress) melawan gaya-gaya elastis (Munadi, 2000). Dari interaksi inilah muncul-berbagai macam gelombang. Berdasarkan arah penjalarnya gelombang dapat dibedakan atas:

Gelombang *longitudinal* dimana arah getar (osilasi) partikel mediumnya searah dengan arah penjalaran. Gelombang ini disebut juga gelombang kompresi karena terbentuk dari tekanan yang menjalar dari suatu tempat ke tempat lain. Gelombang longitudinal ini juga disebut gelombang P (primary Wave) karena datang paling awal dibandingkan dengan gelombang lain.

Gelombang *transversal* yang arah getar (osilasi) partikel mediumnya tegak lurus terhadap arah penjalaran gelombang. Gelombang ini disebut juga gelombang S (sekunder) karena datangnya setelah gelombang P

Gelombang *surface (Rayleigh)* adalah gelombang permukaan yang arah pergerakan partikelnya berbentuk *ellips* terhadap arah perambatan gelombang.

Penjalaran gelombang pada medium menggunakan beberapa prinsip;

1. Prinsip *Huygens*

Prinsip ini menunjukkan bagaimana perilaku muka gelombang ketika bertemu dengan batas/kontak dengan medium yang berbeda (dalam hal ini sebuah *discontinuity* geologi). Muka gelombang, ketika bertemu dengan titik-titik di batas kontak akan menjadi sumber muka baru. Penjalaran gelombangnya berupa *spheric*, dimana wavefront berbentuk lingkaran. Hal ini menyebabkan kecepatan di berbagai arah akan sama .

1. Prinsip Penjalaran Gelombang dengan Hukum *Snell*

Energi dari gelombang yang dipancarkan oleh *source* ketika menyentuh batas (kontak) medium, akan mengalami 2 jenis penjalaran mengikuti hukum *Snell*:

Refleksi, ketika kecepatan gelombang konstan, kontras densitas dari medium akan menyebabkan refleksi

Refraksi, merupakan penjalaran gelombang dimana sudut datangnya melewati sudut kritis, sehingga gelombang diteruskan sepanjang reflektor baru kemudian ter-refleksikan lagi.

Dengan kata lain, perubahan dari kontras impedan dari medium yang menyebabkan berbedanya penjalaran gelombang. Makin besar kontras Impe dan (R_c), maka akan makin kecil gelombang itu ter-transmisikan. Dengan prinsip inilah kemudian berkembang konsep akustik impedan.

2. Gelombang Seismik

Gelombang merupakan fenomena alam, dimana terjadi usikan atau energy dari suatu sumber ketitik lain. Gelombang seismic adalah gelombang yang merambat didalam atau diluar permukaan bumi yang berasal dari sumber seismic, seperti gempa, ledakan, erupsi gunung api, longsor, badai, dentuman pesawat supersonik, (Afnimar, 2009). Perambatan energi gelombang seismic disebabkan karena adanya gangguan di dalam kerak bumi, misalnya adanya patahan atau adanya ledakan. Energi ini akan merambat ke seluruh bagian bumi dan dapat terekam oleh seismometer.

Efek yang ditimbulkan oleh adanya gelombang seismic dari gangguan alami (seperti: pergerakan lempeng (tektonik), Bergeraknya patahan, aktivitas gunung api (vulkanik), dsb) adalah apa yang kita kenal sebagai fenomena gempa bumi.

3. Atenuasi Gelombang

Atenuasi merupakan gejala pelemahan sinyal informasi akibat

bertambahnya jarak oleh suatu sinyal dan juga oleh karena makin tingginya frekuensi sinyal tersebut. Apabila sebuah sinyal dilewatkan suatu medium seringkali mengalami berbagai perlakuan dari medium yang dilaluinya dan karena frekuensi sinyal tersebut semakin tinggi. Energi gelombang suara akan berkurang sepanjang perambatannya dari sumbernya karena gelombang suara menyebar keluar dalam bidang yang lebar, energinya tersebar kedalam area yang luas. Gelombang suara yang merambat melalui media air akan mengalami kehilangan energi yang disebabkan oleh penyebaran gelombang, penyerapan energi, dan pemantulan yang terjadi di dasar atau permukaan perairan. Intensitas gelombang suara akan semakin berkurang dengan bertambahnya jarak dari sumber bunyi.

Atenuasi disebabkan oleh karena adanya penyebaran dan absorpsi gelombang. Penyebaran gelombang terjadi akibat ukuran berkas gelombang berubah, pola berkas gelombang tergantung pada perbandingan antara diameter sumber gelombang dan panjang gelombang medium. Absorpsi gelombang yaitu penyerapan energi yang diakibatkan penyerapan energi selama menjalar di dalam medium (penurunan intensitas).

Sebuah sumber gelombang suara dari suatu akustik di perairan yang memancarkan gelombang akustik dengan intensitas energi tertentu akan mengalami penurunan intensitas bunyi bersamaan dengan bertambahnya jarak dari sumber gelombang akustik tersebut. Hal ini terjadi karena sumber akustik memiliki intensitas yang tetap, sedangkan luas permukaan bidang yang dilingkupi akan semakin besar dengan bertambahnya jarak dari sumber bunyi. Penyebaran gelombang akustik dibatasi oleh permukaan laut dan dasar suatu perairan.

Gelombang suara yang sedang merambat akan mengalami penyerapan

energi akustik oleh medium sekitarnya. Secara umum, penyerapan suara merupakan salah satu bentuk kehilangan energi yang melibatkan proses konversi energi akustik menjadi energi panas, sehingga energi gelombang suara yang merambat mengalami penurunan intensitas (atenuasi).

Gelombang dalam perambatannya akan mengalami penurunan intensitas (atenuasi) karena penyebaran dan karena penyerapan. Penyebaran gelombang juga mengakibatkan intensitas berkurang karena pertambahan luasannya, terkait dengan bentuk muka gelombang (<http://pulawkurma.wordpress.com/2010/11/23/atenuasi/>)

4. Perhitungan atenuasi

Parameter yang dipakai untuk mengukur secara kuantitatif atenuasi gelombang adalah factor kualitas Q , di mana nilai Q rendah sesuai dengan atenuasi tinggi dan sebaliknya. Dalam bidang seismologi, parameter Q ini disebut sebagai factor kualitas seismik (*seismic quality factor*). Faktor kualitas seismik adalah parameter gelombang yang sangat penting selain kecepatan penjalarannya dalam usaha memahami sifat material bumi yang dilalui.

Sebagai sifat intrinsik batuan, Q adalah perbandingan antara energi yang masuk dengan energi yang terdisipasi pada suatu medium yang dilalui. Sifat intrinsic Q

5. Solusi permasalahan atenuasi

Kekuatan sinyal akan melemah karena jarak yang jauh melalui medium transmisi apapun. Pertimbangan untuk rancangan transmisi:

Sinyal yang diterima harus mempunyai kekuatan yang cukup sehingga penerima dapat mendeteksi dan mengartikan sinyal tersebut

Sinyal harus mencapai suatu level yang cukup tinggi daripada noise agar diterima tanpa error.

Attenuation adalah suatu fungsi dari frekuensi. Masalah pertama dan kedua dapat diatasi dengan menggunakan sinyal dengan kekuatan yang mencukupi dan amplifier-amplifier atau repeater-repeater. Masalah ketiga, digunakan teknik untuk meratakan attenuation melalui suatu band frekuensi dan amplifier yang memperkuat frekuensi

6. Atenuasi pada gelombang sismik

Atenuasi dilambangkan dengan Q , dimana $1/Q$ adalah fraksi dari energi gelombang yang hilang setiap *cycle* saat gelombang tersebut merambat. Sehingga 'Q rendah' berarti lebih teratenuasi dan 'Q tinggi' berarti sedikit teratenuasi.

Umumnya, didalam aplikasi seismik eksplorasi, besaran Q diprediksi untuk memberikan kompensasi terhadap amplitudo gelombang seismik yang hilang dalam perambatannya. Didalam mendeterminasi besaran Q , terdapat beberapa macam metoda. Metoda yang cukup sering digunakan di dalam industri migas adalah metoda rasio spektral, yakni Q merupakan slope (kemiringan) rasio natural logaritmik (\ln) spektral 'gelombang dalam' dengan 'gelombang dangkal'.

7. Metoda rasio spectral

Metode rasio spektral adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung harga faktor kualitas suatu medium (Q) dari data seismik. Harga Q yang diperoleh dapat digunakan untuk melakukan koreksi amplitudo dan fasa akibat adanya efek atenuasi.

Menurut Munadi (2000), metode rasio spektral pada hakekatnya membandingkan spektrum amplitudo di suatu tempat $A_1(\omega)$ terhadap spektrum amplitudo di satu referensi $A_2(\omega)$.

Dimana:

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

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

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

dengan catatan $G(x)=1/x$ adalah faktor geometri.

Untuk 2 posisi yang berbeda, yaitu posisi 1 dan 2, maka:

$$A_1(\omega) = G(x_1)A_0(\omega)e^{-\alpha(\omega)x_1}$$

$$A_2(\omega) = G(x_2)A_0(\omega)e^{-\alpha(\omega)x_2}$$

sehingga persamaan (1) menjadi:

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

$$B(\omega) = B_0(\omega)e^{-\alpha(\omega)(x_1-x_2)}$$

dengan,

$$B_0(\omega) = \frac{G(x_1)A_0(\omega)}{G(x_2)A_0(\omega)}$$

Bila ditulis $\alpha(\omega)(x_1 - x_2) = \omega t / 2Q$, maka persamaan (5) menjadi:

$$B(\omega) = B_0(\omega)e^{-\omega t / 2Q}$$

atau

$$\ln[B(\omega)] = \ln[B_0(\omega)] - \frac{\omega t}{2Q}$$

Karena $\omega = 2\pi f$, maka persamaan (7) dapat dituliskan menjadi:

$$\ln[B(\omega)] = \ln[B_0(\omega)] - \frac{\pi f t}{Q}$$

Persamaan (8) menyatakan bahwa jika kita membuat plot antara rasio spektrum $\ln[B(\omega)]$ terhadap frekuensi, maka grafiknya akan berupa suatu garis lurus dengan kemiringan

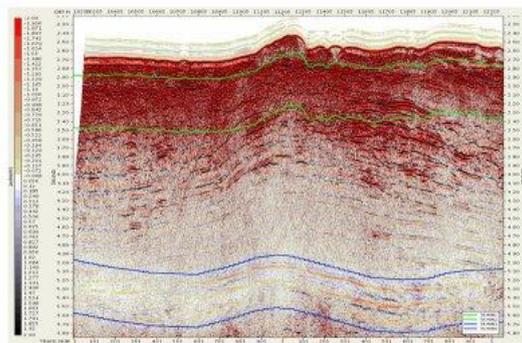
(slope) $-\pi t/Q$. Jika kita definisikan slope sebagai konstanta β maka faktor kualitas kini dapat dihitung dari

$$Q = \frac{\pi t}{\beta}$$

Dengan catatan t adalah waktu penjarangan untuk menempuh jarak $x_1 - x_2$ dan α menggunakan satuan *nepers/wavelength*. Jika kita ubah ke dalam satuan *decibel/wavelength*, maka persamaan (9) menjadi (Hauge, 1981).

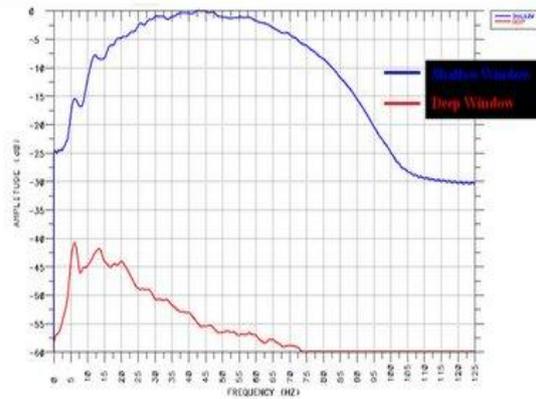
$$Q = \frac{27.3t}{\beta}$$

Kini perhatikan Gambar 1 yang menggambarkan suatu penampang seismik laut di Indonesia. Terlihat amplitudo di bawah two-way-time 3.5s mengalami pelemahan akibat efek atenuasi. Dua buah window didesain untuk menganalisis spektrum amplitudo pada masing-masing window.



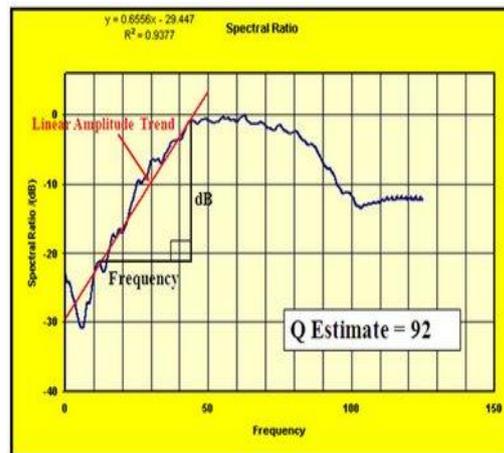
Gambar 1. Penampang seismik dari data seismik laut di Indonesia dengan 2 buah window untuk melakukan analisis spektrum amplitudo.

Gambar 2 menunjukkan hasil pengukuran spektrum amplitudo pada Gambar 1. Kurva biru adalah spektrum untuk window yang dangkal, sedangkan kurva merah adalah spektrum untuk window yang dalam.



Gambar 2. Spektrum amplitudo untuk penampang seismik di Gambar 1.

Jika kedua spektrum pada Gambar 2 kita lakukan pembagian, maka hasilnya akan terlihat seperti pada Gambar 3. Dari kurva pada Gambar 3 ini, dapat kita buat sebuah “linear amplitude trend” di mana jika kemiringan (slope) dari garis linier ini kita masukkan ke persamaan (10) akan didapatkan besarnya harga Q .



Gambar 3. Estimasi harga Q dengan cara spectral division. Slope dari garis linier (merah) jika dimasukkan ke dalam persamaan (10) akan memberikan estimasi harga Q .

PENUTUP

Atenuasi gelombang adalah gejala pelemahan sinyal transmisi seiring dengan pertambahan jarak dari transmitter ke receiver. Atenuasi disebabkan oleh karena adanya

penyebaran dan absorpsi gelombang. Penyebaran gelombang terjadi akibat ukuran berkas gelombang berubah, pola berkas gelombang tergantung pada perbandingan antara diameter sumber gelombang dan panjang gelombang medium. Absorpsi gelombang yaitu penyerapan energi yang diakibatkan penyerapan energi selama menjalar di dalam medium (penurunan intensitas).

Parameter yang dipakai untuk mengukur secara kuantitatif atenuasi gelombang adalah factor kualitas Q , di mana nilai Q rendah sesuai dengan atenuasi tinggi dan sebaliknya. Dalam bidang seismologi, parameter Q ini disebut sebagai factor kualitas seismik (*seismic quality factor*). Faktor kualitas seismik adalah parameter gelombang yang sangat penting selain kecepatan penjalarannya dalam usaha memahami sifat material bumi yang dilalui.

Didalam mendeterminasi besaran Q , terdapat beberapa macam metoda. Metoda yang cukup sering digunakan di dalam industri migas adalah metoda rasio spektral, yakni Q merupakan slope (kemiringan) rasio natural logaritmik (\ln) spektral 'gelombang dalam' dengan 'gelombang dangkal'

DAFTAR PUSTAKA

- Hurriyah, (2007), **Studi Karakterisasi Batu Bara Terbakar Menggunakan Ultrasonik dan Ground Penetrating Radar**, ITB: Bandung
- Munadi, Suprajitno, (2000), **Aspek Fisis Seismologi Refleksi**, Universitas Indonesia: Depok
- Priyono, Awali, (2010), **Perbandingan Hasil Atenuasi Tomografi 3D Menggunakan Metoda Spectral Fitting & Spectral Ratio Dalam Usaha Pemetaan Bawah Permukaan (Studi Kasus Gunung Guntur)**, ITB, Bandung
- Suantika, Gede, (2008), **Pencitraan Tomografi Atenuasi Seismik Tiga Dimensi, Gunung Guntur menggunakan Metode Rasio Spektral**, ITB: Bandung
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., and Keys, D. A., 1978. **Applied Geophysics**, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- (<http://pulawkurma.wordpress.com/2010/1/23/atenuasi/>)