

DOI: doi.org/10.21009/0305020411

PENGGUNAAN METODE SPECTRAL FITTING UNTUK MENDETERMINASI OPERATOR ATENUASI AKIBAT KANDUNGAN FLUIDA DI LAPANGAN PANAS BUMI.

Mia Uswatun Hasanah¹ Andri Dian Nugraha² Muhammad Rahmat Sule³

¹Laboratorium Geofisika, Departemen Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran

²Kelompok Riset Geofisika Global, Fakultas teknik pertambangan dan perminyakan, Institut Teknologi Bandung

³Kelompok Riset Geofisika Terapan, Fakultas teknik pertambangan dan perminyakan, Institut Teknologi Bandung

Email : hasanah@geophys.unpad.ac.id

Abstrak

Atenuasi merupakan parameter fisik batuan yang dapat menggambarkan kondisi geologi di bawah permukaan. Pencitraan tomografi atenuasi di lapangan panas bumi menggunakan data microearthquake (MEQ) dalam bentuk operator atenuasi, t^* . Parameter yang diperlukan untuk melakukan tomografi atenuasi adalah operator atenuasi. Terdapat dua metode untuk mencari nilai operator atenuasi yaitu metode spectral ratio dan spectral fitting. Pada metode spectral ratio, nilai Q_s tergantung pada nilai Q_p , sedangkan pada metode spectral fitting nilai Q_p dan Q_s tidak berkaitan. Metode ini sangat baik untuk menggambarkan kondisi yang berhubungan dengan fluida.

Metode spectral fitting digunakan untuk mendeterminasi nilai t^* . Penelitian ini menggunakan nilai Q_p , Q_s and rasio Q_p/Q_s untuk mendeterminasi kondisi geologi, serta membandingkan dengan hasil tomografi kecepatan (V_p , V_s and rasio V_p/V_s). Nilai anomali atenuasi dan kecepatan tersebut berasosiasi keberadaan fluida dan segmen sesar. Selain itu berdasarkan nilai tersebut diperoleh distribusi fluida injeksi sekitar sumur injeksi.

Kata-kata kunci: *Atenuasi, Spectral fitting, Microearthquake(MEQ).*

Abstract

Attenuation is the physical parameters of rock that can reflect the subsurface geological conditions. We conducted attenuation tomographic imaging in the geothermal field by using the Microearthquake (MEQ) data in the form of attenuation operator, t^* . We applied a method of spectral fitting to invert for the t^* value..

Keywords: *Please write 3-5 keywords in english with font 9 point, italic.*

1. Pendahuluan

Parameter yang dipakai untuk mengukur secara kuantitatif atenuasi gelombang adalah faktor kualitas Q . Nilai Q rendah berasosiasi dengan atenuasi tinggi begitupula sebaliknya. Dalam bidang seismologi, parameter Q ini disebut sebagai faktor kualitas seismik (seismic quality factor) [1].

Terdapat dua metode untuk mencari nilai operator atenuasi yaitu metode spectral ratio dan spectral fitting. Pada metode spectral ratio, nilai Q_s tergantung pada nilai Q_p , sedangkan pada metode spectral fitting nilai Q_p dan Q_s tidak berkaitan. Metode ini sangat baik untuk menggambarkan kondisi yang berhubungan dengan fluida. Pada metode spectral fitting dilakukan analisis waveform MEQ dalam spektrum amplitude kecepatan untuk memperoleh nilai t^* .

2. Metode Penelitian

Atenuasi gelombang dalam batuan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kandungan mineral, relaksasi dan gesekan antar batas matriks dalam batuan kering. Keberadaan fluida dalam batuan juga berpengaruh terhadap atenuasi, termasuk di dalamnya mekanisme aliran inersial dari fluida relatif terhadap matriks batuan, yang disebut aliran Biot, dan berbagai jenis aliran dalam rekahan.

Determinasi operator atenuasi (t^*)

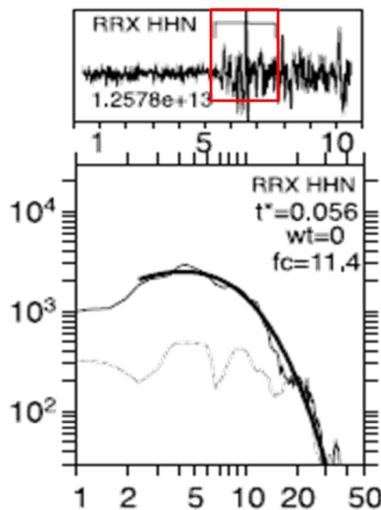
Pada penelitian ini digunakan metode *spectral fitting* untuk analisis waveform MEQ dalam spektrum amplitude kecepatan untuk memperoleh nilai t^* (operator atenuasi). Nilai t^* dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$t^* = t_{ij}^* + t_{stasion}^* \quad (1)$$

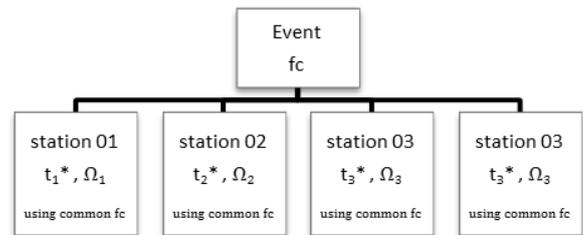
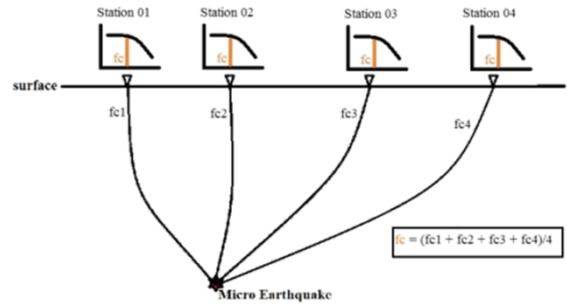
dengan merupakan gambaran atenuasi sepanjang raypath dan menggambarkan efek lokal wilayah pengambilan data. Dalam penelitian ini digunakan persamaan dari [2] untuk spektrum amplitudo kecepatan:

$$A_{ij}(f) = 2\pi f \Omega_0 \frac{f_c^2}{(f_c^2 + f^2)} e^{-\pi f(t_{ij}^* + t_{station}^*)} \quad (2)$$

Berdasarkan pada persamaan 2 ditentukan nilai dan pada setiap nilai t^* . nilai termasuk kedalam geometrical spreading. Pada metode spectral fitting terdapat tiga parameter yang harus ditentukan yaitu spectral level (Ω_0), corner frequency (f_c), dan operator atenuasi (t^*). Persamaan dari [3] digunakan untuk model atenuasi dengan menggunakan spektrum amplitudo kecepatan seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Ketiga parameter tersebut mempengaruhi bentuk dari spektrum model. Nilai operator atenuasi (t^*) dan spectral level (Ω_0) dihitung untuk setiap stasiun menggunakan nilai corner frequency (f_c) ini dengan metoda grid search. Metoda grid search merupakan optimasi parameter antara data pengamatan dengan data hasil perhitungan sehingga mempunyai faktor kesalahan kecil. Ketiga parameter tersebut dianggap sudah optimum ketika kesalahan/selisih antara spektrum observasi dengan spektrum model minimum (kecil) [4].

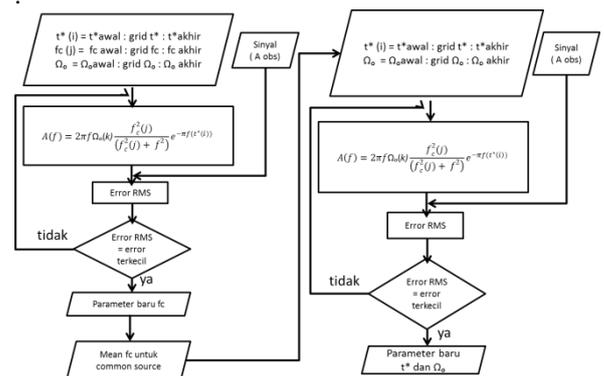


Gambar 1 Ilustrasi metode Spectral fitting dengan menggunakan spektrum amplitudo kecepatan. Gambar pada kotak diatas merupakan seismogram dengan time window 2.56 s (kotak merah), pada gambar bagian bawah menunjukkan spectrum amplitudo kecepatan. Garis tipis menunjukkan data spectrum hasil fft dari seismogram sepanjang time window sedangkan garis hitam tebal merupakan spectral fitting dengan persamaan 2 [5].



Gambar 2 Ilustrasi pencarian nilai common f_c pada rekaman data MEQ pada setiap stasiun berasal dari event yang sama (digambar ulang dari [4])

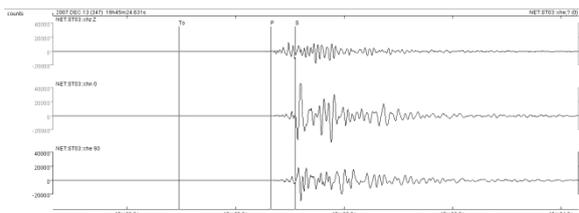
Secara teori, nilai corner frequency memiliki nilai yang sama untuk satu gempa yang terekam oleh beberapa stasiun, karena merupakan karakteristik suatu sumber. Pada pengolahan data sebenarnya diperoleh nilai berbeda. Oleh karena itu, digunakan nilai common f_c yang diperoleh dengan cara merata-ratakan nilai f_c dari semua stasiun. Nilai common f_c digunakan untuk memperoleh nilai operator atenuasi (t^*) dan spectral level (Ω_0) yang baru seperti diilustrasikan pada Gambar 2 dan diagram alir pada gambar 3



Gambar 3 Diagram alir spectral fitting dengan menggunakan metode grid search yang dilakukan pada penelitian ini.

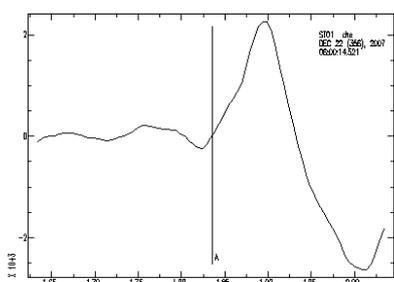
3. Hasil dan Pembahasan

Operator atenuasi (t^*) menjadi hal yang sangat fundamental pada tomografi Q. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah spectral fitting dengan operator atenuasi untuk Q_p dan Q_s ditentukan secara terpisah. Untuk mencari nilai t^* tahapan awal yang perlu dilakukan adalah melakukan picking terhadap waktu tiba gelombang P dan gelombang S seperti digambarkan pada Gambar 4.



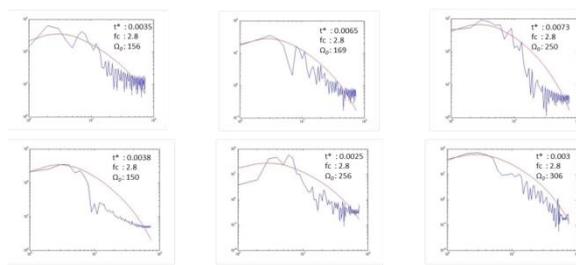
Gambar 4. Seismogram tiga komponen dari event MEQ yang menunjukkan waktu tiba gelombang P (t_p) dan gelombang S (t_s). Selisih waktu antara $t_s - t_p$ pada data di atas 1.90 s.

Setelah mendapatkan waktu tiba untuk gelombang P dan S, kemudian ditentukan nilai *time window* untuk memotong *waveform*. Pemilihan *time window* tersebut berdasarkan jarak antara waktu tiba P dan waktu tiba S. Pada penelitian ini selisih waktu antara $t_s - t_p$ memiliki nilai 0.03-3.609 s, *time window* 0.4 s dipilih sebagai nilai optimum untuk melakukan pemotongan *waveform* (Gambar 5).



Gambar 5 Waveform hasil pemotongan pada waktu tiba gelombang P dengan *time window* 0.4 s (0.2 s sebelum waktu tiba dan 0.2 s setelah waktu tiba)

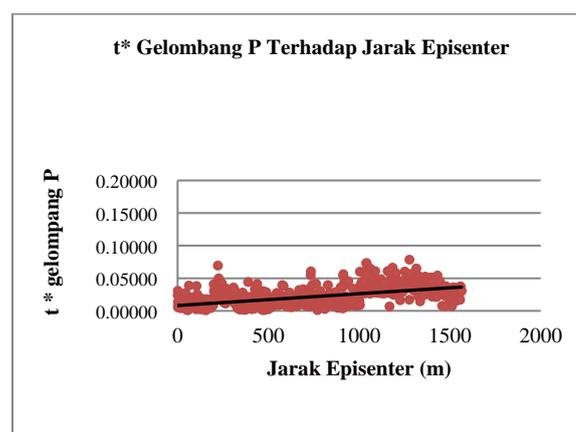
Setelah dilakukan pemotongan *waveform* sesuai dengan *time window* yang ditentukan, dilakukan transformasi fourier untuk memperoleh data dalam domain frekuensi. Tahapan berikutnya adalah mencari nilai operator atenuasi dengan metode *spectral fitting*. Metode ini menggunakan persamaan dari Eberhart-Philips dan Chadwick (2000), persamaan 2, untuk spektrum amplitudo kecepatan.



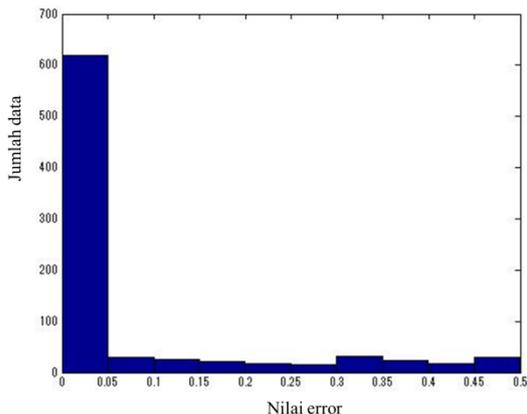
Gambar 6 Hasil *spectral fitting* untuk gelombang P pada event yang direkam oleh enam stasiun yang berbeda (garis berwarna biru untuk data hasil observasi dan garis merah untuk kurva fitting); dengan nilai t^* berkisar antara 0.0025-0.0065 dengan nilai *frequency corner* 2.8 dan Ω_0 berkisar antara 150-300.

Pada penelitian ini metode *grid search* digunakan untuk melakukan *spectral fitting* dengan membutuhkan tiga parameter, yaitu *spectral level* (Ω_0), *corner frequency* (f_c), dan operator atenuasi (t^*) pada nilai grid yang berbeda (Gambar 6). Nilai grid yang terkecil digunakan untuk mencari parameter t^* yaitu 0.0001, 0.01 untuk nilai f_c dan 0.01 untuk nilai Ω_0 . Hasil yang diperoleh untuk gelombang P nilai operator atenuasi berkisar antara 0.0010–0.0294 dengan distribusi terhadap episenter (Gambar 7.), serta distribusi error sebesar 0.0000149–0.5 (Gambar 8.). Sedangkan, nilai frekuensi corner diperoleh pada kisaran 2-4.9 hz dan nilai untuk Ω_0 antara 2-14160.

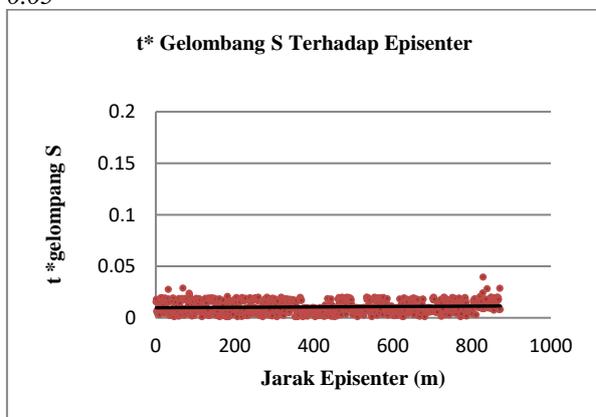
Sedangkan untuk gelombang S diperoleh nilai distribusi t^* antara 0.0010-0.198 (Gambar 9), nilai ini memiliki *range* variasi nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai t^* untuk gelombang P, dengan error sebesar 0.0000148–0.5 (Gambar 10). Nilai frekuensi corner diperoleh pada kisaran 1.8-5 hz dan nilai untuk Ω_0 antara 2- 15680.



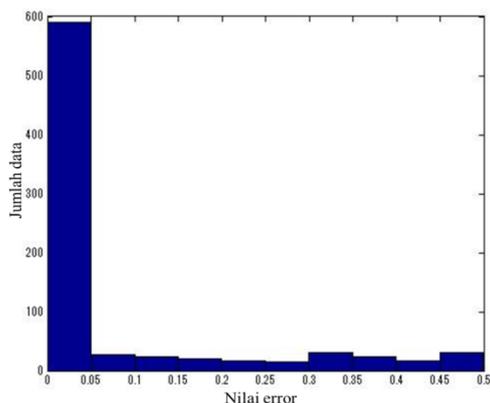
Gambar 7 Distribusi nilai t^* gelombang P terhadap jarak episenter, lingkaran merah menunjukkan nilai t^* untuk gelombang P dan garis hitam merupakan *trendline* linear pada data.



Gambar 8 Histogram distribusi nilai error untuk data t^* gelombang P. Data memiliki distribusi nilai error terbanyak pada rentang 0-0,05



Gambar 9 Distribusi nilai t^* gelombang S terhadap jarak episenter. Bulatan merah menunjukan nilai t^* dan garis hitam merupakan trendline pada data.



Gambar 10. Histogram distribusi nilai error untuk data t^* gelombang S. Data memiliki distribusi nilai error terbanyak pada rentang 0-0,05

4. Simpulan

Hasil yang diperoleh untuk gelombang P nilai operator atenuasi berkisar antara 0.0010–0.0294

dengan distribusi terhadap episenter distribusi t^* antara 0.0010-0.198. Perbedaan tersebut memperlihatkan bahwa gelombang P mengalami peredaman (atenuasi) yang dapat diinterpretasikan bahwa gelombang melewati medium yang mengandung fluida .

Daftar Acuan

- [1] Priyono, A. dkk. 2010. Perbandingan Hasil Atenuasi Tomografi 3D Menggunakan Metoda Spectral Fitting & Spectral Ratio Dalam Usaha Pemetaan Bawah Permukaan (Studi Kasus Gunung Guntur). Jurnal Matematika dan Sains. Desember 2010. vol. 15 nomor 3.
- [2] Eberhart-Phillips, D. dan Oppenheimer, D. H. 1984. Induced seismicity in the Geysers geothermal area. California. J. Geophys. Res.. 89. 1191-1207.
- [3] Eberhart-Phillips, D. dan Chadwick, M. 2002. Three-dimensional attenuation model of the shallow Hikurangi subduction zone in the Raukumara Peninsula. New Zealand. J. Geophys. Res.. 107(B2). 2033. doi:10.1029/2000JB000046.
- [4] Nugraha, A. D., dkk. 2010. Thermal structure of the subduction zone in western Japan derived from seismic attenuation data. Geophys. Res. Lett.. 37. L06310. doi 10.1029/2009OGL41522.
- [5] Hauksson, E. dan Shearer, P. M. 2006. Attenuation models (QP dan QS) in three dimensions of the southern California crust: Inferred fluid saturation at seismogenic depths. J. Geophys. Res.. vol. 111. b05302. doi:10.1029/2005jb003947.