

Analisa Receiver Function Teleseismic untuk Mendeteksi Moho pada Stasiun Bkb Data Meramex

Rian Amukti , Wiwit Suryanto

Jurusan Fisika FMIPA UGM
rian.amukti@mail.ugm.ac.id

Received 22-02-2013, Revised 28-08-2013, Accepted 02-09-2013, Published 13-10-2013

ABSTRACT

It has been done a research to determine internal earth using receiver function teleseismic analysis method. This method have been done by using MERAMEX (MERapi Amphibious Experiment) data from broadband seismometer BKB. Event of teleseismic is chosen from Honshu Japan with radius 30° and magnitude 7.2. This research begun by analysing radial and vertical characteristic of teleseismic event and using bandpass filter with range 0.003 Hz – 0.5 Hz. Then Iterative Deconvolution is used to get velocity model. The result of this model shows crustal model that has 4 Km thick upper crust, a 26 Km thick lower crust and 10 Km thick Moho transition zone, with velocity increasing gradually.

Keyword : receiver function, MERAMEX, iterative deconvolution, Moho

ABSTRAK

Penelitian untuk memperkirakan struktur bawah permukaan bumi telah banyak dilakukan, salah satu metode yang digunakan adalah dengan menggunakan analisa *receiver function teleseismic*. Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan stasiun seismometer *broadband* BKB data *MERAMEX* (*MERapi Amphibious EXperiment*) gempa jauh yang sumber gempanya dipilih dengan jarak lebih dari 30° , event gempa ini terletak di Honshu Jepang dengan magnitudo 7,2 . Penelitian dilakukan dengan menganalisis sifat radial dan vertikal gempa jauh dari event gempa. Filter yang digunakan adalah *bandpass* dengan *range* 0,03 Hz hingga 0,5Hz, kemudian dilakukan perhitungan dan analisa *receiver function* dan pemodelan maju menggunakan dekonvolusi *iterative* untuk mendapatkan model struktur kecepatan bawah permukaan. Hasil dekonvolusi menunjukkan bahwa model kerak bumi lapisan pertama dengan ketebalan 4 Km, dan lapisan kedua 26 Km. Pada kedalaman 32 Km hingga 42 Km terdapat kecepatan yang naik secara gradual, ini menunjukkan adanya perubahan fase gelombang yang diakibatkan dari bidang diskontinuitas, antara kerak dan bagian atas mantel bumi, yang lebih dikenal *Moho*.

Kata kunci : *receiver function*, *MERAMEX*, *dekonvolusi iterative*, *Moho*.

PENDAHULUAN

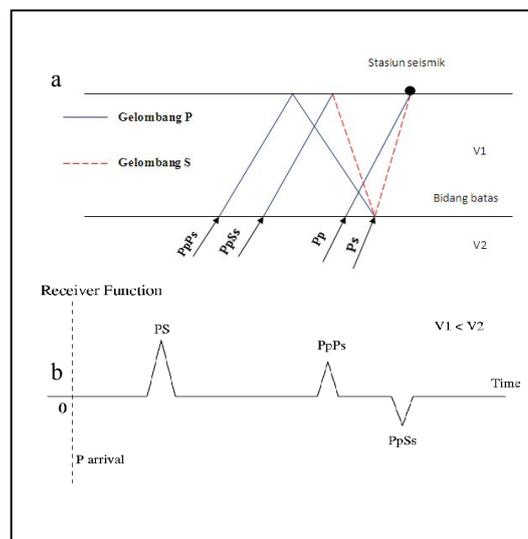
Penelitian struktur bawah permukaan bumi telah dilakukan dengan berbagai metode, salah satu metode yang akurat digunakan untuk pengukuran kerak bumi dan mantel bagian atas adalah *receiver function*. Metode ini memanfaatkan data rekaman gempa pada satu stasiun yang memiliki 3 komponen ^[1]. Metode *receiver function* terus berkembang dengan didukung kualitas data yang makin baik didapatkan dari seismometer *broadband* yang digunakan untuk melakukan *inverse receiver function* untuk pendeteksian kecepatan kerak bumi ^[2]. Baru-baru ini banyak pemodelan *receiver function* untuk kerak bumi dilakukan, salah satunya menggunakan *Interactive Receiver Function Forward Modeller* ^[3]. Analisa *receiver function* ini dapat digunakan untuk eksplorasi panasbumi dengan memanfaatkan *event-event micro earthquake* ^[4]

Penelitian tentang kerak dan bagian atas mantel telah banyak dilakukan di berbagai negara, contohnya di pulau Hainan Laut Cina Selatan (Qiu, 2002), lempeng Jerman Utara (Alinaghi, 2003), dan daerah laut mati dengan menggunakan analisa *receiver function* [5]. Namun penelitian mengenai kerak dan zona *moho* di Indonesia masih sedikit dilakukan, sehingga melandaskan penelitian ini dilakukan. Pada *paper* ini akan disampaikan hasil pemodelan kecepatan struktur bawah permukaan yang menggambarkan struktur geologi bawah permukaan stasiun BKB data MERAMEX, didapatkan dari analisa *receiver function teleseismic*.

DASAR TEORI ANALISA RECEIVER FUNCTION

Event gempa yang terekam pada seismometer memiliki berbagai informasi yang berasal dari bawah permukaan bumi, baik gelombang P, S dan gelombang permukaan, sehingga jika dilakukan analisa *receiver function* terhadap seismogram gempa, dengan cara melakukan analisa pengukuran terhadap komponen radial dan vertikal gelombang P akan didapatkan informasi struktur dangkal di bawah permukaan stasiun seismometer. Gelombang P bersifat longitudinal akan memiliki waktu tiba gelombang lebih cepat daripada gelombang S yang bersifat transversal. Jika gelombang P melewati suatu medium diskontinuitas maka akan ada perubahan fase gelombang P yang berubah menjadi gelombang berfase S (gambar 1), sehingga waktu tempuh gelombang tersebut lebih lama. Analisa ini menjadikan kunci untuk menentukan struktur geologi berdasarkan perbedaan kecepatan gelombang bawah permukaan bumi [6].

Analisa *receiver function teleseismic* merupakan komposisi gelombang konversi P terhadap S yang merambat di dalam struktur lapisan tepat di bawah seismometer. Gelombang datang ini berisi informasi yang berhubungan dengan fungsi waktu sumber gempa dan efek perambatan yang diteruskan oleh mantel dan struktur lokal di bawah stasiun perekaman.



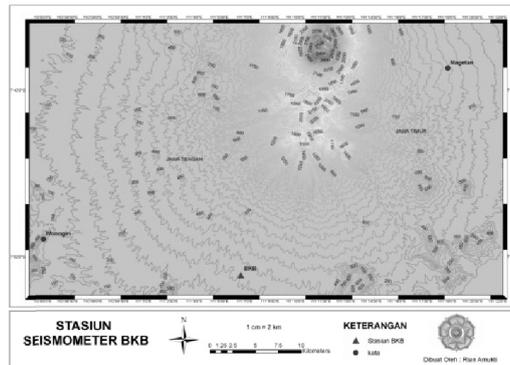
Dimodifikasi dari Sumber : (Ammon, 1991)

Gambar 1a. Skematik sebuah gelombang teleseismik yang mencapai stasiun.
1b. Simplifikasi dari *receiver function* yang menunjukkan gelombang P dan pantulannya pada bidang batas.

DATA DAN METODE PERHITUNGAN RECEIVER FUNCTION

Stasiun seismometer broadband BKB

Data gempa direkam oleh stasiun (BKB) yang terletak di timur Wonogiri tepatnya ($111^{\circ} 7' 0'' E$, $7^{\circ} 50' 0'' E$) dengan elevasi 450 m dari muka air laut, dan di utara stasiun BKB terdapat Gunung Lawu (gambar 2.). Stasiun BKB adalah seismometer dengan tipe broadband dengan 3 komponen *ZNE*.

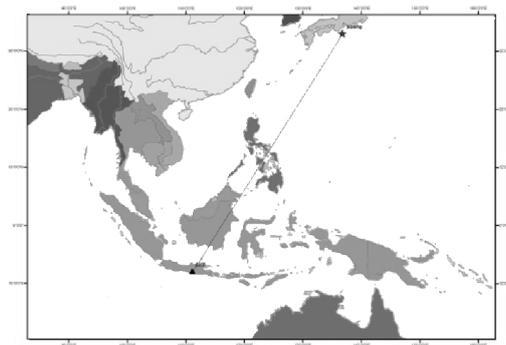


Gambar 2. Stasiun seismometer BKB dan topografi daerah sekitar

Salah satu kelebihan dari analisa *receiver function* adalah dapat memodelkan struktur kecepatan bawah permukaan 1D hanya dengan 1 stasiun seismometer 3 komponen.

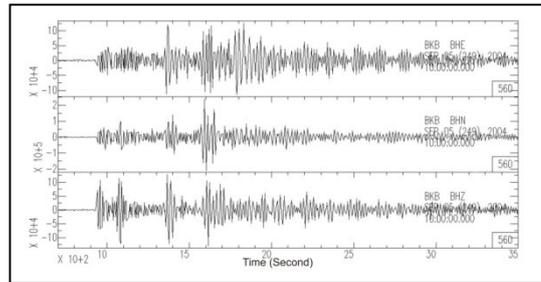
Event Gempa Honshu Jepang

Event gempa yang dipilih untuk melakukan analisa *receiver function teleseismic* adalah *event* gempa dengan magnitude diatas 6, maka dipilihlah event gempa yang berasal dari Honshu Jepang terjadi pada jam 10:07:07 tanggal 5 September 2004 yang memiliki magnitude 7,2 (gambar 3).



Gambar 3. *Event* gempa *teleseismic* yang berasal dari Honshu Jepang ditangkap oleh seismometer BKB.

Analisa awal dari data gempa yang direkam oleh seismometer yaitu memfilter data dengan *bandpass filter* dengan *range* antara 0,03 Hz hingga 0,5 Hz (gambar 4).



Gambar 4. Seismogram data event gempa Honshu Jepang pada stasiun BKB yang telah dilakukan *bandpass filter*.

Metode Perhitungan *Receiver Function*

Untuk melakukan analisa *receiver function* diperlukan *azimuth* dan *back azimuth* event dari stasiun seismometer. Setelah menghitung sudut *azimuth* dan *back azimuth*, maka dilakukanlah rotasi data untuk memudahkan perhitungan *receiver function*. Perekaman data seismometer tiga komponen terdiri dari komponen dengan arah vertikal Z, Utara-Selatan N, dan Timur-Barat E, disebut juga rotasi ZNE.

Jansson 2008 menjelaskan ada dua sistem rotasi yang sering dipakai yaitu sistem rotasi 2D yang disebut *ZRT* dan sistem rotasi 3D yang dikenal dengan *LQT*. Rotasi *ZRT* adalah rotasi 2D dimana komponen Z masih tetap sama pada posisinya dengan yang asli pada rekaman *ZNE*, dapat dilihat pada gambar 2. Dan dua komponen horizontal N dan E dirotasi ke arah radial R dan tangensial T dengan cara persamaan 1,

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

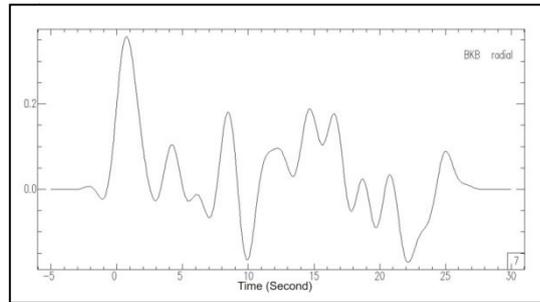
dengan $\theta = \dots$ dan θ adalah *back azimuth*. *Back azimuth* adalah sudut antara vektor pointing dari stasiun seismik yang ditarik garis ke arah utara lalu dari garis tersebut ditarik sudut ke arah sumber gempa. Rotasi *ZRT* digunakan untuk *forward model* (Jansson, 2008).

Setelah dilakukan rotasi data maka langkah selanjutnya adalah analisa *receiver function* dengan melakukan perhitungan terhadap komponen radial *receiver function* dan vertikalnya, sehingga didapatkan respons *receiver function*. Selanjutnya setelah mendapatkan respons *receiver function* dilakukan dekonvolusi menggunakan dekonvolusi *water level*. Pada penelitian ini digunakan *Interactive Receiver Function Forward Modeller* (Tkalcic, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

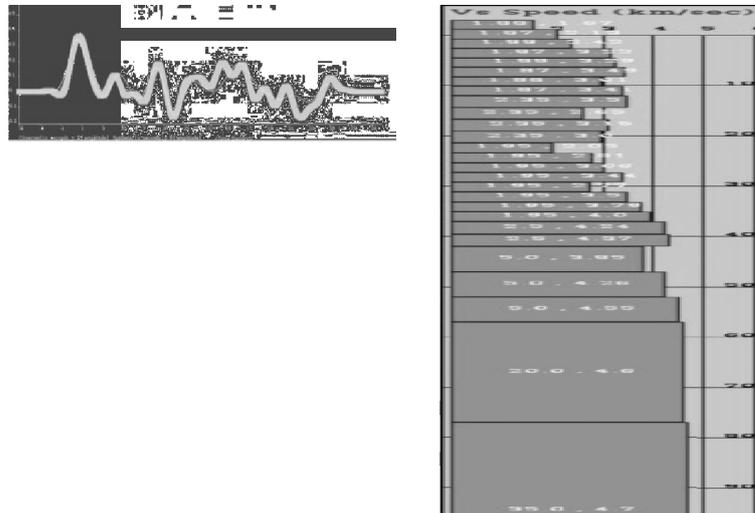
Penelitian ini memfokuskan untuk memakai filter *Gaussian water level* dengan nilai parameter c 0.0001. Parameter ini dipilih karena filter ini dapat menyebabkan distorsi terhadap hasil *receiver function*, maka semakin kecil nilai parameter *water level* yang dipilih akan semakin baik hasilnya. Untuk parameter lebar skala *Gaussian filter* dipilih parameter a dengan nilai 1.

Event gempa ini memiliki *azimuth* a $29,5^\circ$ dengan jarak dari stasiun $47,4^\circ$. Hasil perhitungan *receiver function* diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Model respon *receiver function* pada stasiun BKB

Model respons *receiver function* ini dipotong dari -5s hingga 30s, karena sinyal pada model *receiver function* untuk kerak dan bagian atas mantel akan terlihat mulai waktu tiba P pertama kali hingga antara 20s-40s (Ammon, 1997). Berdasarkan model respon *receiver function* gambar 5, terlihat gelombang P yang terkonversi menjadi gelombang berfase S atau disebut PS di sekitar 4s, PpPs di 15s, dan PpSs di sekitar 22s setelah waktu tiba P pertama kali.



Gambar 6. Perbandingan antara sintetik *receiver function* dan model respons *receiver function* dengan struktur kedalaman fungsi kecepatan.

Hasil *forward modelling* menggunakan *Interactive Receiver Function Forward Modeller* (gambar 6), memperlihatkan struktur kerak dan bagian atas mantel dibawah permukaan stasiun BKB. Lapisan pertama kerak bumi rata-rata dapat digambarkan dengan ketebalan 4 Km, dan lapisan kedua ketebalannya berkisar 26 Km. Namun pada lapisan kerak ini terdapat *low velocity* pada kedalaman 10 Km, 18 Km dan 24 Km.

Kenaikan kecepatan secara gradual terdapat di kedalaman 32 Km dengan ketebalan 10 Km. Daerah ini dianalisa sebagai bidang batas diskontinuitas antara kerak dan mantel bagian atas yang dikenal dengan sebutan *Moho*. Dalam ilmu geologi, istilah diskontinuitas digunakan untuk menunjukkan lapisan imajiner yang menjadi batas perubahan cepat rambat gelombang seismik. Mantel bumi di perkirakan berada pada kedalaman 42 Km, namun ada daerah *low velocity* yang terdapat pada mantel bagian atas pada kedalaman 42 Km - 47 Km.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa analisa *receiver function* telah dapat untuk merekonstruksi struktur kedalaman fungsi kecepatan yang baik dengan didukung oleh data

dengan kualitas yang baik direkam pada seismometer broadband. Batas bidang diskontinuitas *moho* didapatkan pada kedalaman 32 Km dengan ketebalan 10 Km, lapisan pertama kerak bumi 4 Km dan lapisan kedua 26 Km. Didapatkan juga *low velocity* pada bagian atas mantel pada kedalaman 42 Km dan terdapat juga *low velocity* pada lapisan kerak bumi di kedalaman 10, 18 dan 24 Km.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti haturkan kepada Laboratorium Geofisika UGM yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian ini dengan menggunakan data MERAMEX, dan kepada Dr. Rer. Nat. Wiwit Suryanto yang telah membimbing dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Langston, C.A. 1979. Structure under mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves. *J. Geophys. Res.*, 84(B9):4749-4762.
- 2 Ammon, C.J. 1997. An overview of receiver-function analysis. Webpage. Department of Geoscience Pennsylvania State University.
Situs dari: <http://eqseis.geosc.psu.edu/~cammon/HTML/RftnDocs/rftn01.html>.
- 3 Tkalcic, H., Pasyanos, M.E., Rodgers, J.A., Gok, R., Walter, R.W. and Al-Amri, A.A. 2006. multistep approach for joint modeling of surface wave dispersion and teleseismic receiver functions: Implications for lithospheric structure of the Arabian Peninsula. *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 111, B11311, doi:10.1029/2005JB004130.
- 4 Mohsen, A. 2004. *A receiver function study of the crust and upper mantle across the dead sea transform*. Dissertation. Berlin University.
- 5 Amukti, R. dan Suryanto, W. 2012. Pemodelan struktur kecepatan bawah permukaan lapangan panasbumi menggunakan analisa receiver function. *Proceedings the 12th annual indonesian geothermal association meeting & conference*.
- 6 Ammon, C.J. 1991. The isolation of receiver effects from teleseismic P wave-forms. *Bulletin of the seismological Society of America*, 81(6):2504-2510.