



## Identifikasi Diskontinuitas Seismik Mantel di Barat Laut Pulau Sumatera Menggunakan Data Prekursor SS

Fahrudin\*), Apriadi, Ibrahim Sota, Sadang Husain

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat

\*)Email korespondensi : rafiedzf@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v17i2.4925>

Submitted: 14 Mei 2018; Accepted: 30 Maret 2020

**ABSTRACT**– 410km and 660km discontinuities are very clear and very easily identified discontinuities other than the Moho layer. This research utilizes SS precursor data, bouncepoints in the northern part of Sumatera. The data used is the depth of the epicenter <70 km, earthquake magnitude 5.5 and the distance between the epicenter and earthquake recording station more than 100<sup>0</sup>. This study is a preliminary study to determine changes in the depth of discontinuity in the study area. The SS phase is very well observed in the transversal component seismogram which is the result of the rotation of two horizontal components NS and EW, to obtain a good seismogram a 0.03Hz low pass filter is performed. In this study used 38 data transversal component seismograms, from 76 horizontal component seismograms. The most important thing in this study is the determination of the SS phase used as a reference (point 0), the SS phase is determined using the AK135 table guide, then the SS precursors are determined which can be seen at 450 seconds, 300 seconds, 90 seconds and 50 seconds before the SS . SS prekursors that are very clear at 450 seconds, are strongly suspected as a 660 km discontinuity. SS prekursors can be seen clearly after the stacking process.

**KEYWORDS** : Bouncepoint, discontinuities, precursors SS, Sumatera, stacking.

### PENDAHULUAN

Semua model modern referensi bumi global menunjukkan bertambahnya kecepatan gelombang elastik dan densitas pada kedalaman mendekati 400 km dan 670 km (PREM, Dziewonski & Anderson (1981) dan IASP91, Kennett & Engdahl (1991)). Zona transisi bagian mantel atas dibagi dua bagian besar diskontinuitas yaitu bagian pertama 400 km dan bagian lainnya 670 km, merupakan zona diskontinuitas yang sangat jelas selain lapisan Moho.

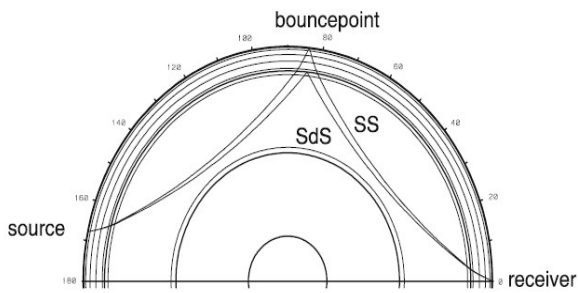
Beberapa penelitian mengenai lapisan diskontinuitas dengan resolusi yang tinggi menggunakan data prekursor SS dan PP (Shearer & Masters, 1992; Shearer, 1993; Flanagan & Shearer, 1998; Flanagan & Shearer, 1999; Gu, Dziewonski, & Agee, 1998; Gu dan

Dziewonski, 2002; Chambers, Woodhouse, & Deuss, 2005). Penelitian yang menggunakan data konversi gelombang P ke S untuk mengetahui lapisan diskontinuitas (Gurrola & Minster, 1998; Chevrot, Vinnik, & Montagner, 1999; Helffrich, 2000). Memanfaatkan prekursor SS di bawah permukaan Kalimantan berhasil mengidentifikasi diskontinuitas pada kedalaman 660 km dan 290 km (Fahrudin et al, 2017)

### Prekursor SS

Prekursor adalah gelombang yang terefleksikan pada lapisan diskontinuitas, yang fasa gelombangnya lebih dulu tiba daripada gelombang boudinya. Prekursor SS periode panjang, titik refleksinya terletak di tengah antara sumber dan stasiun penerima pada diskontinuitas mantel atas (Schubert, 2007),

seperti pada Gambar 1. Untuk mendapatkan data yang baik diperlukan beberapa syarat antara lain:



**Gambar 1** Skema Penjalaran fase gelombang SS dibawah permukaan bumi (Deuss 2009)

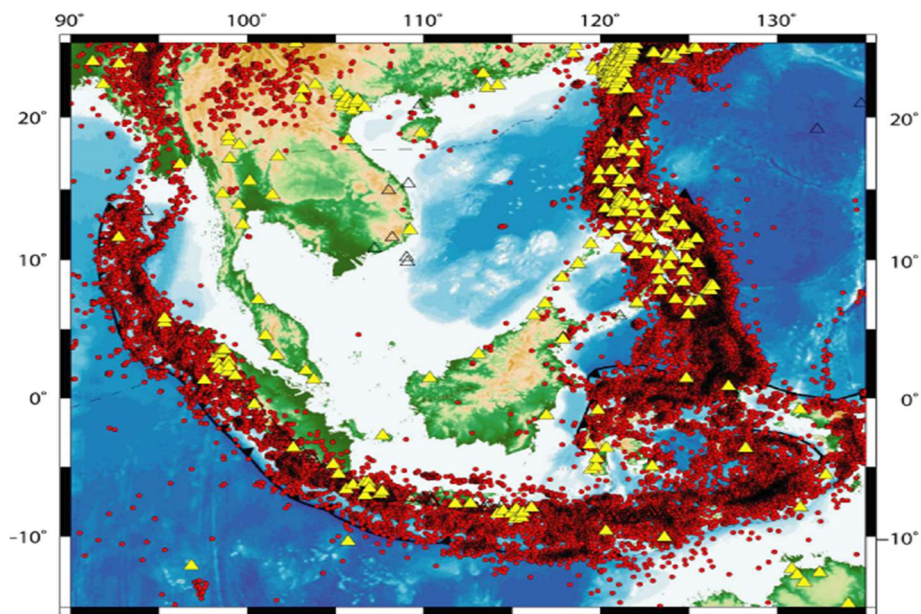
1. kedalaman sumber gempa dibatasi kurang dari 75 Km (Rychert & Shearer, 2010; Houser et al, 2008; Schmerr & Garnero, 2006) untuk mengurangi interferensi dengan gelombang prekursor yang lebih dulu tiba (sSdiff).
2. Sumber gempa lebih dari 5,8 Mw untuk mendapatkan signal-to-noise ratio (SNR) fase SS yang baik (Schmerr & Garnero, 2006).
3. Jarak terbaik antara sumber dengan stasiun penerima  $\geq 100^\circ$  untuk menghindari interferensi gelombang yang terefleksi dipermukaan (Ss670s dan Ss400s) dan  $\leq 165^\circ$  untuk menghindari

interferensi dengan prekursor ScSScS (Schmerr & Garnero, 2006).

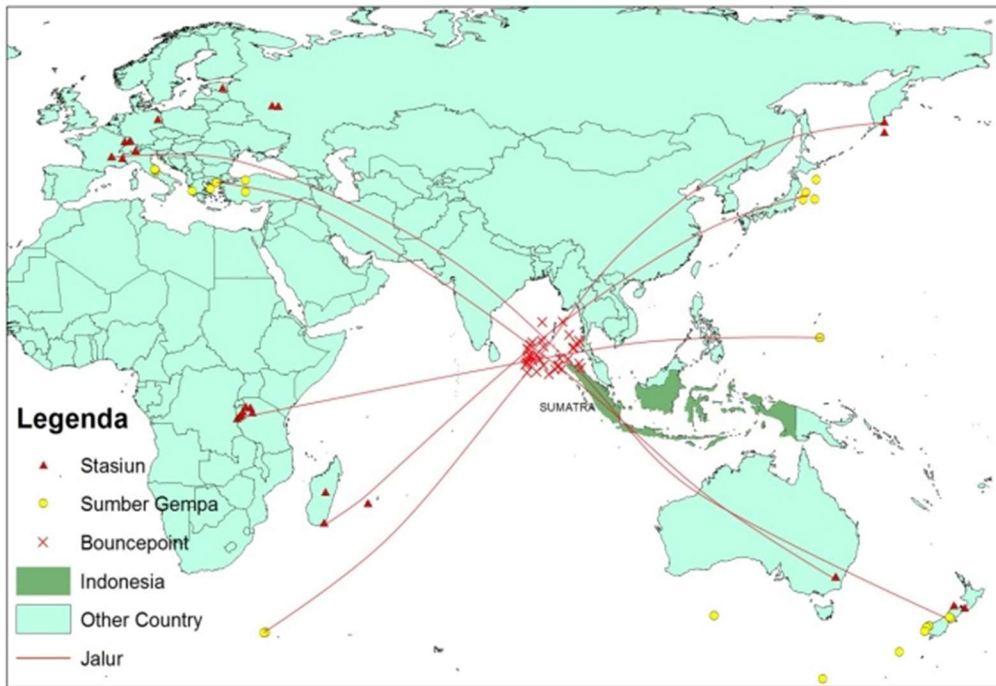
**Aktivitas Gempa Sumatera**

Kepulauan Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki aktivitas gempa yang cukup besar setiap tahunnya, yang disebabkan oleh dorongan dua lempeng tektonik samudera yang sangat aktif. Kedua lempeng tersebut ialah lempeng tektonik Samudera Hindia-Australia dan lempeng tektonik Samudera Pasifik. Akibat tumbukan kedua tektonik tersebut, Kepulauan Indonesia mempunyai tatanan keseismoteknikan yang kompleks dengan ciri kerawanan gempa yang tinggi. Sebagai salah satu wilayah yang paling rawan terhadap bencana gempa bumi, maka diperlukanlah penelitian-penelitian terkait di pulau Sumatera (Abdillah, 2010).

Pergerakan-pergerakan lempeng yang diakibatkan oleh adanya aktivitas gempa di sepanjang jalur pertemuan lempeng membuat daerah di sebelah utara Pulau Sumatera menjadi menarik untuk dikaji lebih lanjut. Dengan memanfaatkan penjalaran gelombang gempa yang melalui daerah tersebut, maka akan diketahui seberapa jauh perubahan dan perpindahan lempeng yang telah dicatat pada penelitian sebelumnya. Jika meninjau pada



**Gambar 2** Distribusi gempa dan stasiun penerima gempa di Indonesia. Bulatan merah dan segitiga kuning masing-masing adalah sumber gempa (lingkaran merah) dan stasiun penerima (segitiga) (Engdah, van Hilst, & Buland, 1998)



Gambar 3 Sumber gempa dengan stasiun pencatat gempa, bouncepoint di sebelah bagian utara Sumatera

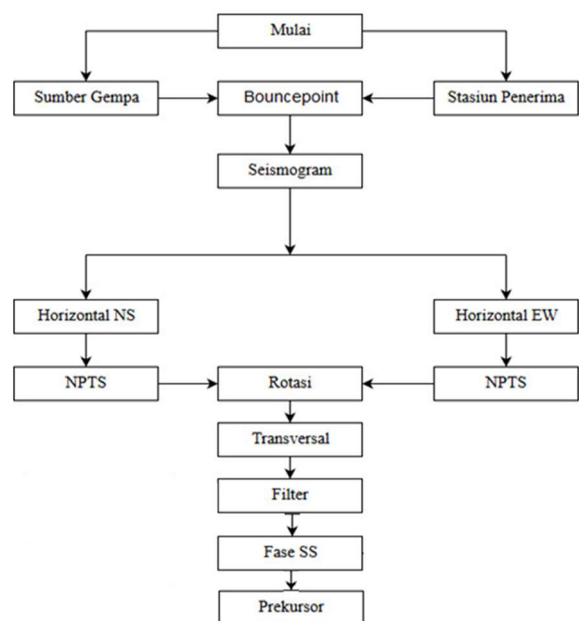
gambar 2, terlihat begitu banyak titik gempa pada daerah penelitian.

Gempa-gempa bumi yang terjadi di Pulau Sumatera merupakan implikasi geodinamika dari deformasi aktif di sekitar Sunda dan Java trench. Kejadian gempa yang terjadi di dekat batas pertemuan antara lempeng samudra yang menujam masuk ke bawah lempeng benua diklasifikasikan sebagai zona subduksi. Zona subduksi Sumatera terbentang dari Selat Sunda ke arah utara hingga laut Andaman (Hasan & Santosa 2014).

**METODE PENELITIAN**

Tahap awal dari penelitian ini yaitu menentukan pusat gempa dan stasiun pencatat gempa yang titik bouncepointsnya di daerah penelitian. Data yang digunakan pusat gempanya di South Island, New Zealand dengan stasiun pencatat gempa GSSB - Tunnel De Badole, France, yang berjarak 170,77° dan sekitar 18.955,47° Km (Gambar 3). Data diperoleh dari IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*). Data yang diperoleh berupa rekaman seismogram 3 komponen, yaitu satu komponen vertikal (Z) dan dua komponen horizontal (N-S dan E-W).

Fase SS sangat baik dan jelas diamati pada komponen transversal, yang diperoleh dari hasil rotasi komponen horizontal (N-S & E-W). Sebelum dilakukan proses rotasi jumlah *NPTS* (*Number of points per data component*) untuk komponen horizontal disamakan. Setelah menentukan fase SS, digunakan sebagai referensi (titik 0), setelah itu ditentukan precursor SS yang muncul setelah fase SS. Prekursor SS akan terlihat sangat jelas



Gambar 4 Diagram alur penelitian

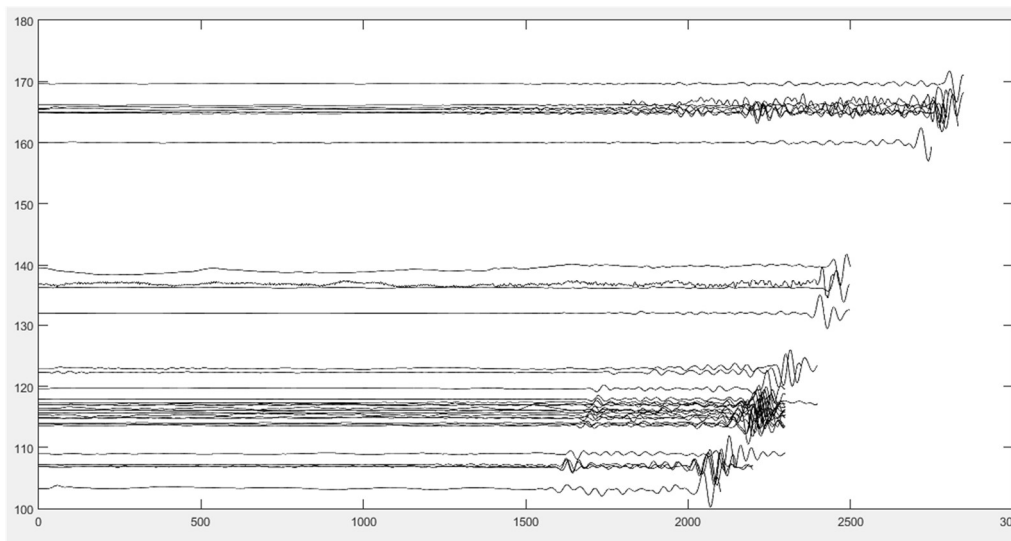
setelah dilakukan proses stacking (ditumpuk).

Data yang diperoleh terdiri dari komponen horizontal dan vertical, untuk mendapatkan hasil yang baik dilakukan proses filter. Setelah mendapatkan seismogram yang baik dan jelas setiap seismogram diplot berdasarkan *epicentrum distance*. Secara umum diagram alir penelitian ini dapat digambarkan seperti pada Gambar 4.

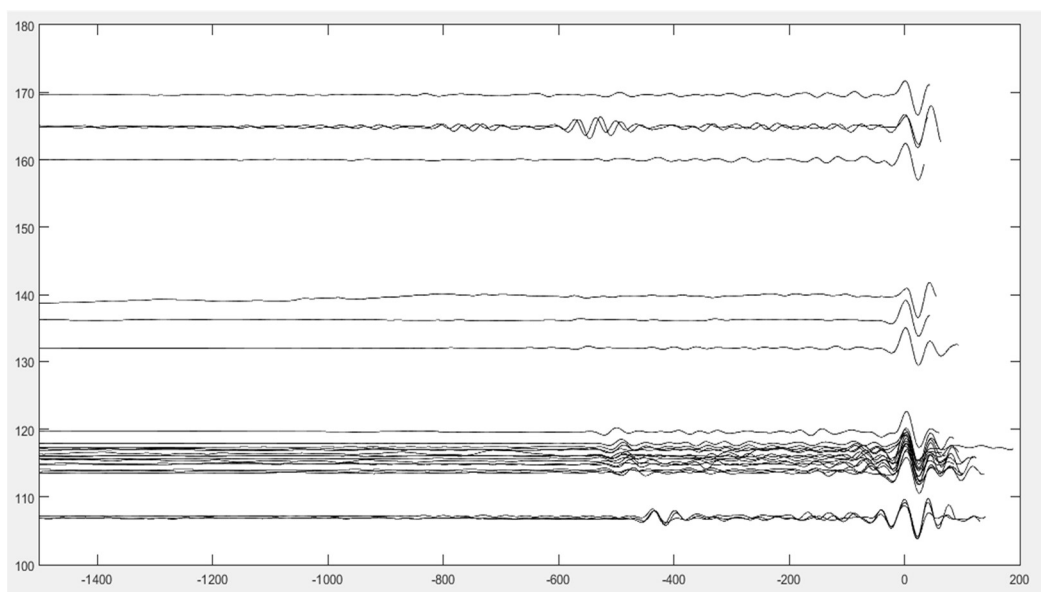
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap yang sangat penting dalam memanfaatkan data prekursor SS yaitu

menentukan gelombang SS dalam rekaman seismogram. Salah satu metode untuk menentukan gelombang SS dari data rekaman seismogram yaitu metode *Strip* atau dapat juga menggunakan tabel *ak135*. Untuk melihat dengan jelas prekursor SS, data seismogram harus diplot secara bersamaan sehingga akan ada beberapa seismogram yang menumpuk dan memperlihatkan kemiringan fase SS, yang sangat bergantung dengan *epicentrum distance*. Sebelum diplot data setiap seismogram dilakukan normalisasi, yaitu nilai amplitude terbesar sama dengan 1, atau

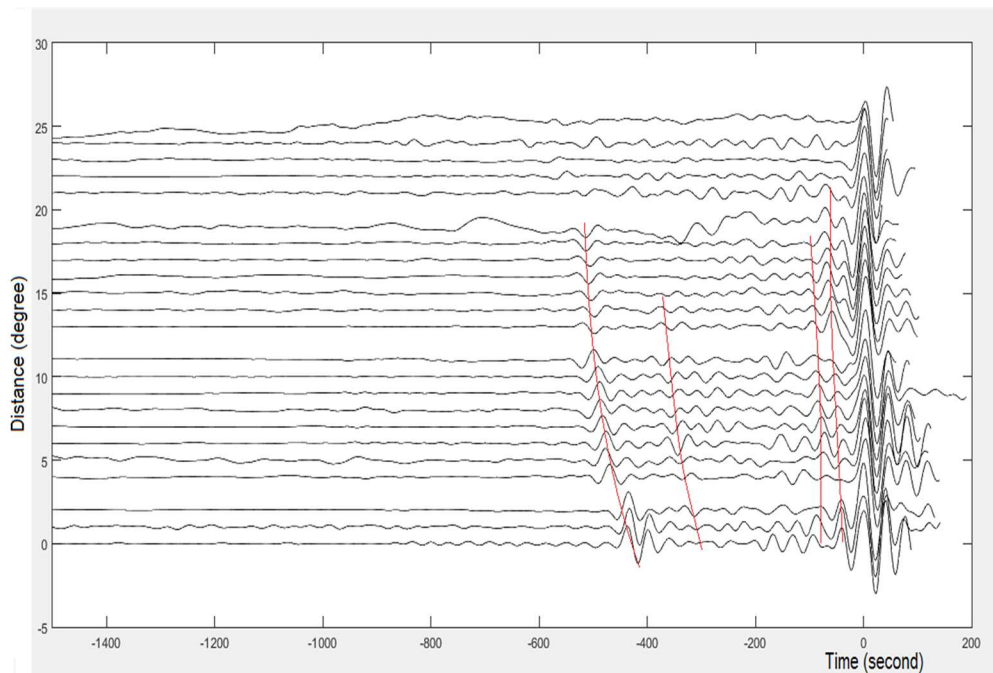


Gambar 5 Hasil plotting seismogram, berdasarkan *epicentrum distance*, fase SS terletak di ujung seismogram sekitar 2000 detik – 2800 detik



Gambar 6 Hasil plotting seismogram, berdasarkan *epicentrum distance* setelah disejajarkan





**Gambar 7** Hasil plotting seismogram, garis merah tebal adalah fase SS

dengan kata lain semua amplitud dibagi dengan amplitud maksimum pada setiap seismogram. Dari hasil plotting fase SS yang terlihat berada sekitar 2000 detik sampai dengan 2800 detik (Gambar 5).

Untuk mendapatkan prekursor yang mungkin ada pada Gambar 5, dilakukan agar fase SS berada dalam satu garis lurus atau sejajar. Seperti yang terlihat pada Gambar 6, dari hasil plot terlihat jelas fase SS pada  $t = 0$  detik, dan salah satu prekursor SS = 450 detik. Gambar 6 terlihat jelas banyaknya data yang menumpuk untuk data yang *epicentrum distancenya* berada diantara  $110^{\circ} - 120^{\circ}$ . Dari hasil pengolahan data dan diplot fase SS dibuat menjadi sejajar. Jumlah seismogram 38 buah untuk komponen transversal, setelah dipilih seismogram yang baik tersisa 23 seismogram (gambar 7).

Pada gambar 7 garis merah tebal merupakan fase SS yang berada pada titik nol, sedangkan 4 garis merah sebelumnya merupakan prekursor SS, sekitar 450 detik, 300 detik, 90 dan 50 detik sebelum SS. Kedalaman diskontinuitas akan diketahui jika dilakukan *ray tracing*. Pada penelitian ini tidak dilakukan *ray tracing*, penelitian ini studi awal untuk mengetahui kedalaman diskontinuitas di barat Laut Sumatera.

Sebelum melakukan *ray tracing*, terlebih dahulu diketahui *ray parameter*. Software yang digunakan pada penelitian ini yaitu SAC (*Seismic Analysis Code*), dengan SAC dapat diketahui nilai *epicentrum distance*, jumlah NPTS dan dilakukan rotasi, sehingga diperoleh komponen transversal.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa terdapat 4 prekursor SS sekitar 450 detik, 300 detik, 90 dan 50 detik sebelum SS. Prekursor SS yang dapat teramati dengan jelas pada waktu sekitar 450 detik sebelum SS dan 300 detik sebelum SS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. (2010). Analisis Keaktifan dan Resiko Gempa Bumi Pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatera dan Sekitarnya Dengan Metode Least Square. *Skripsi*. Program Studi Fisika, Universitas Negeri Islam Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Chevrot, S., Vinnik, L., & Montagner, J. P. (1999). Global-scale analysis of the mantle Pds phases. *Journal of Geophysical Research*, 104, 20203–20219.
- Chambers, K., Woodhouse, J. H., & Deuss, A., (2005). Topography of the 410-km

- discontinuity from PP and SS precursors. *Earth and Planetary Science Letters*, 235, 610–622.
- Deuss, A. (2009). Global observations of mantle discontinuities using SS and PP precursors. *Surveys in Geophysics*, 30(4–5), 301–326.
- Dziewonski, A. M., & Anderson, D. L. (1981). Preliminary Reference Earth Model. *Physics Earth Planet. Inter.*, 25(4), 297–356.
- Fahrudin, F., Widiyantoro, S., Nugraha, A. D., & Afnimar, A. (2017). Search For Mantle Seismic Discontinuities Beneath Northern Kalimantan, Central Indonesia: A Preliminary Result of Employing SS Precursor. *International Journal of Tomography & Simulation*, 30(1), 96–104.
- Flanagan, M. P., & Shearer, P. M. (1998). Global mapping of topography on transition zone velocity discontinuities by stacking SS Precursors. *Journal of Geophysical Research*, 103(B2), 2673–2692.
- Flanagan, M. P., & Shearer, P. M. (1999). A map of topography on the 410-km discontinuity from PP precursors. *Geophysical Research Letter*, 26(5), 549–552.
- Gu, Y. J. & Dziewonski, A. M. (2002). Global variability of transition zone thickness. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 107 (B7), ESE 2-1-ESE 2–17.
- Gu, Y., Dziewonski, A. M., & Agee, C. B. (1998). Global de-correlation of the topography of transition zone discontinuities. *Earth Planetary Science Letters*, 157(1–2), 57–67.
- Gurrola, H., & Minster, J. B. (1998). Thickness estimates of the upper-mantle transition zone from bootstrapped velocity spectrum stacks of receiver functions. *Geophysical Journal International*, 133, 31–43.
- Helfrich, G. (2000). Topography of the transition zone seismic discontinuities. *Reviews of Geophysics*, 38(1), 141–158.
- Houser, C., Masters, G., Flanagan, M., & Shearer, P. M. (2008). Determination and analysis of long-wavelength transition zone structure using SS Precursors. *Geophysical Journal International*, 174, 178–194.
- Kennett, B. L. N., & Engdahl, E. R. (1991). Travel times for global earthquake location and phase identification. *Geophysical Journal International*, 105, 429–465.
- Rychert, C. A., & Shearer, P. M. (2010). Resolving crustal thickness using SS waveform stacks. *Geophysical Journal International*, 180, 1128–1137.
- Engdahl, R., van Hilst, R. D., & Buland, R. (1998). Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88 (3), 722–743.
- Hasan, M. M., & Santosa, B. J. (2014). Analisa Pola Bidang Sesar Pada Zona Subduksi di Wilayah Sumatera Barat dari Event Gempa Pada Tahun 2013. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3(1), 11–14.
- Schmerr, N., & Garnero, E. (2006). Investigation of upper mantle discontinuity structure beneath the central Pacific using SS precursors. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(8), 1–21.
- Schubert, G. (2007). *Treatise of Geophysics volume 1, Seismology and Structure of the Earth*, Elseiver, pp 593.
- Shearer, P. M. & Masters, T. G. (1992). Global mapping of topography on the 660 km discontinuity. *Nature*, 355, 791–796.
- Shearer, P. M. (1993). Global mapping of upper mantle reflectors from long-period SS Precursors. *Geophysical Journal International*, 115, 878 – 904.