

## RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI DENGAN MENGGUNAKAN METODE DOUBLE DIFFERENCE SERTA IMPLIKASINYA TERHADAP SEISMOTEKTONIK DI WILAYAH SUMATERA BARAT

Bunga Dahlia<sup>1</sup>, Dr.Drs Ngatijo, M.Si<sup>2</sup>, Ira Kusuma Dewi, S.Si., M.T<sup>2</sup>, Sigit Eko Kurniawan, S.Tr<sup>3</sup> dan Shandy Yogaswara SP, S.Tr<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi – Muara Bulian KM 15 Mendalo Darat. Jambi 36361

<sup>2</sup>Dosen Teknik Geofisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, Jl. Jambi – Muara Bulian KM 15 Mendalo Darat. Jambi 36361

<sup>3</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Sta. Geofisika Kelas 1 Padang Panjang

\*Korespondensi : dahliabunga125@gmail.com

**Abstrak :** Sumatera barat merupakan salah satu wilayah dengan tingkat seismisitas yang tinggi di karenakan tatanan tektonik yang sangat aktif. Sistem tektonik tersebut, yaitu; Zona Subduksi antara lempeng tektonik India-Australia dengan lempeng Eurasia, Mentawai *Fault System* (MFS) dan Sumatra *Fault System* (SFS) . Akurasi dari lokasi gempa bumi sangat dibutuhkan untuk menentukan lokasi absolut dari hiposenter, metode yang digunakan yaitu metode *double difference*. Metode *double difference* mengidentifikasi pasangan gempa bumi yang berdekatan dengan membuat koreksi travel time pada stasiun-stasiun. Hasil relokasi hiposenter gempabumi dengan metode *double difference* dapat memperoleh lokasi hiposenter yang lebih akurat dimana, residual waktu tempuhnya setelah relokasi semakin kecil mendekati nol menunjukkan nilai residual hasil relokasi yang lebih baik dibandingkan dengan nilai residual sebelum direlokasi. Jadi, parameter gempabumi yang diperoleh lebih baik dari pada sebelum direlokasi.

**Kata Kunci :** Sumatera Barat, Gempabumi, Relokasi Hiposenter, Metode *Double Difference*

**Abstract :** *West Sumatra is one of the regions with a high level of seismicity due to a very active tectonic order. The tectonic system, namely; Subduction zone between the Indian-Australian tectonic plate and the Eurasian plate, Mentawai Fault System (MFS) and Sumatra Fault System (SFS). The accuracy of the location of the earthquake is needed to determine the absolute location of the hypocenter, the method used is the double difference method. The double difference method identifies adjacent earthquake pairs by making travel time corrections at stations. The results of the earthquake hypocenter relocation with the double difference method can obtain a more accurate hypocenter location where, the residual travel time after relocation gets smaller to near zero indicating a better residual value of the relocation results compared to the residual value before being relocated. So, the earthquake parameters obtained are better than before being relocated.*

**Keywords :** *West Sumatra, Earthquakes, Hypocenter Relocation, Double Difference Method*

### PENDAHULUAN

Gempabumi di Sumatera Barat umumnya berkaitan dengan gempa tektonik dan sebagian kecil gempa vulkanik. Kondisi ini dikarenakan posisinya berada pada zona subduksi aktif antara lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia, tepatnya di bagian barat Mentawai. Wilayah Mentawai juga memiliki sesar yang mempengaruhi kondisi wilayah Sumatera Barat. Di samping itu, wilayah daratan Sumatera Barat juga dilalui oleh sistem sesar Sumatera yang terdiri dari segmen - segmen sesar aktif yaitu Sumpur, Sianok, Sumani, Angkola, Barumon, Siulak dan Suliti. Jadi, keadaan geologi yang seperti itulah yang menyebabkan wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat aktivitas seismic atau kegempaan yang sangat tinggi.

Akurasi penentuan lokasi titik hiposenter gempabumi memiliki tingkat kesalahan yang berbeda yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya seperti jaringan stasiun seismik, distribusi data gempa, pembacaan waktu tiba gempa dan model struktur kecepatan. Akurasi untuk penentuan hiposenter sangat bergantung pada kualitas model struktur kecepatan gelombang gempa yang digunakan yaitu besarnya kecepatan gelombang gempa yang merupakan fungsi dari kedalaman. Semakin sesuainya model kecepatan yang digunakan maka akan semakin meningkat pula akurasi dalam penentuan hiposenter tersebut. Dalam sistem peringatan dini gempabumi, model kecepatan gelombang gempa umumnya menggunakan model kecepatan global sehingga akurasi dalam

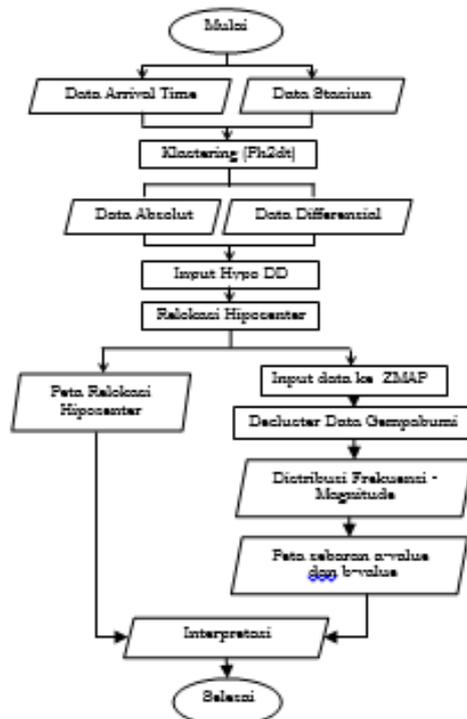
penentuan hiposenternya kurang optimal. Oleh karena itu diperlukan perhitungan ulang dengan teknik relokasi hiposenter untuk memperbaiki akurasi, ketelitian dan ketepatan.(Palvis, 1986)

Salah satu metode yang digunakan dalam relokasi hiposenter gempa bumi yaitu metode *double difference*. Metode *double difference* ini merupakan salah satu metode yang dikembangkan dari metode geiger dengan menggunakan data waktu tempuh residual dari dua hiposenter gempa yang berdekatan ke setiap stasiun seismograf pencatatnya. Prinsip dari metode ini adalah jika terdapat dua gempa yang memiliki jarak lebih dekat satu sama lainnya dibandingkan dengan jarak gempa tersebut ke stasiun pencatatnya, maka *ray path* atau penjalaran lintasan dari kedua gempa tersebut dapat dianggap sama. Dengan asumsi tersebut, maka selisih waktu tempuh antara kedua gempa yang terekam pada satu stasiun yang sama selanjutnya dapat dianggap hanya sebagai fungsi jarak antara kedua hiposenter tersebut. Oleh karena itu *residual time* dapat diminimalisasi.

Metode ini dipilih karena mampu merelokasi gempa meskipun dengan jumlah data yang banyak sekalipun, namun model kecepatan yang digunakan dapat disesuaikan. Oleh karena itu dengan mengaplikasikan metode *double difference* akan diperoleh posisi hiposenter gempa bumi dengan lebih akurat.

## METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian mengenai relokasi ini berfokus pada wilayah Sumatera Barat dengan periode 2009 sampai Juni 2019. Dimana, data yang digunakan merupakan berupa data sekunder atau data katalog gempa bumi sebanyak 2904 *event*. Parameter gempa bumi yang digunakan meliputi lintang, bujur, kedalaman serta waktu terjadinya gempa bumi. Dalam penelitian ini, metode relokasi yang digunakan yaitu metode *double difference*.

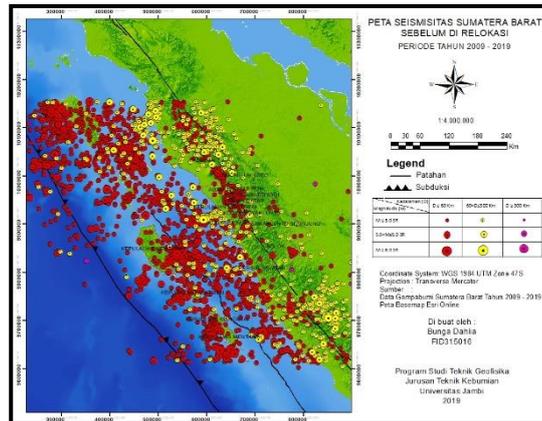


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

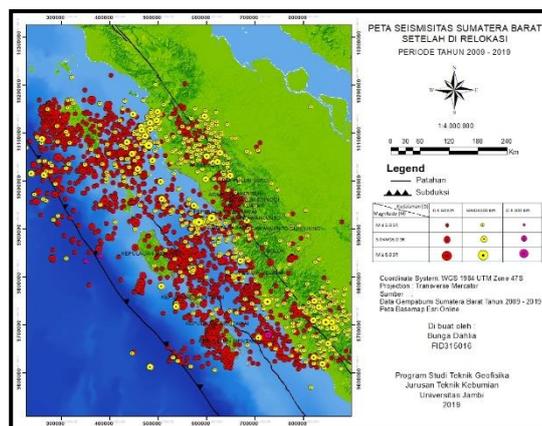
## HASIL DAN ANALISIS

Data yang digunakan untuk input awal dari relokasi hiposenter gempa bumi yaitu 2904 event dengan periode 2009 sampai Juni 2019. Pada gambar 2 tersebut menunjukkan sebaran seismisitas

gempabumi pada wilayah Sumatera Barat, terlihat sebaran hiposenternya menyebar tidak memusat atau berkumpul pada kelompok atau *cluster* tertentu yang tidak menunjukkan pola yang sesuai dengan patahan utamanya.



**Gambar 2.** Peta Seismisitas di Sumatera Barat Sebelum di Relokasi



**Gambar 3.** Peta Seismisitas di Sumatera Barat Setelah di Relokasi

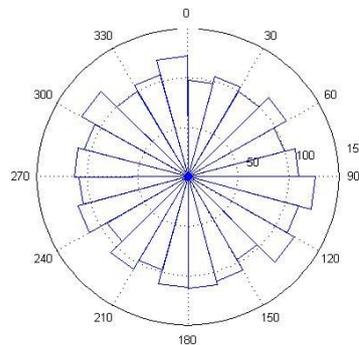
Pada gambar 3 di atas tersebut terlihat bahwa terdapat beberapa perubahan jika dibandingkan dengan gambar 2 yang hiposenternya belum di relokasi. Perubahannya yaitu data yang terelokasi sebanyak 2610 *event* dari data awal 2904 *event* selain itu, perubahan juga terlihat pada posisi hiposenter gempabumi di mana, setelah di relokasi beberapa dari sebaran hiposenternya berkumpul atau memusat pada suatu kelompok / *cluster* tertentu.

Data yang tidak terelokasi tersebut disebabkan adanya beberapa event ataupun pasangan *event* yang tidak memenuhi kriteria. Adapun kriteria-kriteria yang penulis tentukan pada saat pengolahan yaitu bobot picking minimum (MINWGHT) 0, jarak maksimum antara pasangan gempa dan stasiun dalam km (MAXDIST) 350, jarak maksimum antara pasangan gempa dalam km (MAXSEP) 400, jumlah maksimum tetangga (MAXNGH) 10, jumlah minimum link untuk suatu tetangga (MINLNK) 2, jumlah minimum link untuk suatu pasangan gempa (MINOBS) 2 dan jumlah maksimum link untuk suatu pasangan gempa (MAXOBS) 100. Perubahan tersebut dapat juga disebabkan pada saat proses iterasi terjadi pergeseran hiposenter gempabumi tersebut menjadi di atas permukaan (*airquake*).

Hasil relokasi yang terdapat adanya kelompok atau *cluster* tertentu mengindikasikan bahwa terdapatnya seismisitas yang tinggi di daerah tersebut hal tersebut disebabkan hiposenter gempabumi setelah relokasi berpindah mendekat dan berkumpul membentuk suatu kelompok pada satu trend bidang rekah atau struktur yang sama. Trendline atau garis yang menunjukkan kecenderungan pola

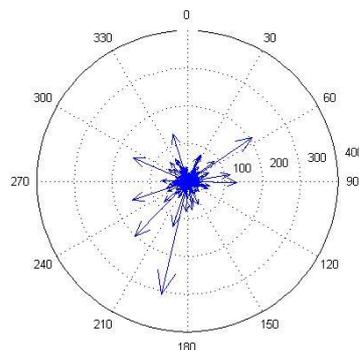
gempa yang mengikuti struktur patahan utama (*major fault*) yang berada di wilayah tersebut. Hal tersebut dapat mengindikasikan bahwa adanya suatu penyebab yang memicu gempabumi. Meskipun terdapat beberapa kumpulan gempa yang tidak menunjukkan pola yang sesuai dengan bidang rekahnya disebabkan karena adanya keterbatasan data, walaupun demikian kumpulan gempa tersebut tetap berada dekat dengan patahan utama yang memicu gempabumi.

Perubahan arah posisi hiposenter sebelum relokasi ke posisi hiposenter setelah relokasi dan jarak pergeserannya ditunjukkan pada gambar 4 dan gambar 5 yaitu diagram rose dan kompas.



**Gambar 4.** Diagram Rose Hasil Relokasi *Double Difference*

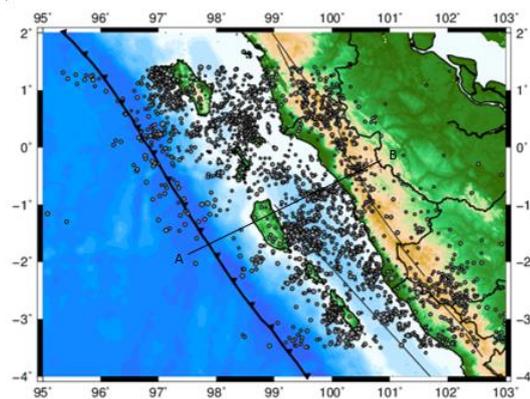
Pada diagram rose menunjukkan bahwa jumlah dengan interval sudut perubahan arah episenter setelah direlokasi. Interval sudut pergeseran setelah dilakukan proses relokasi di tunjukkan pada skala 0 - 330, sementara lingkaran yang ditunjukkan dengan garis putus-putus dengan skala 50 – 150 menunjukkan jumlah gempabumi. Seperti yang terlihat pada diagram tersebut menunjukkan bahwa interval sudut perubahan setelah direlokasi menyebar ke segala arah dan tidak menunjukkan kecenderungan ke arah tertentu.



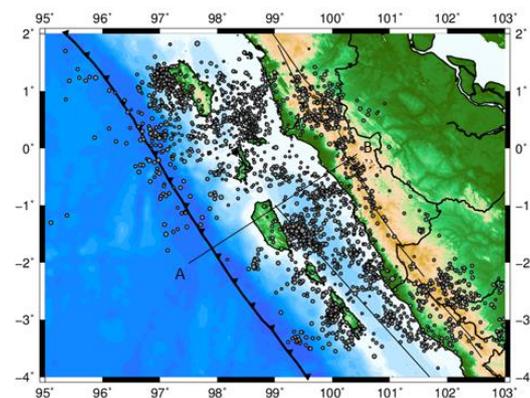
**Gambar 5.** Diagram Kompas Hasil Relokasi *Double Difference*

Diagram kompas pada gambar 28 yang di mana, pada diagram ini tanda panah menunjukkan arah pergeseran, sedangkan lingkaran dengan dengan skala 100 hingga 400 menunjukkan jarak pergeseran dalam km. Diagram tersebut menunjukkan bahwa rata-rata gempabumi mengalami pergeseran 0 hingga 100 km dan terdapat 9 gempabumi dengan pergeseran yang lebih dari 100 km. Kejadian gempabumi rata – rata mengalami pergerakan terhadap arah barat daya, barat laut dan timur laut.

Untuk mengetahui gambaran tektonik di wilayah Sumatera Barat tersebut dari data yang telah terelokasi dapat di tunjukan dengan cara *cross section* seperti yang terlihat pada gambar 6 dan 7 tersebut.

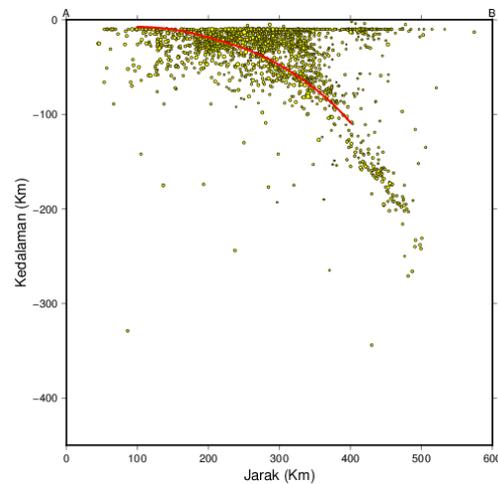


**Gambar 6.** *Cross Section* Sebelum Relokasi

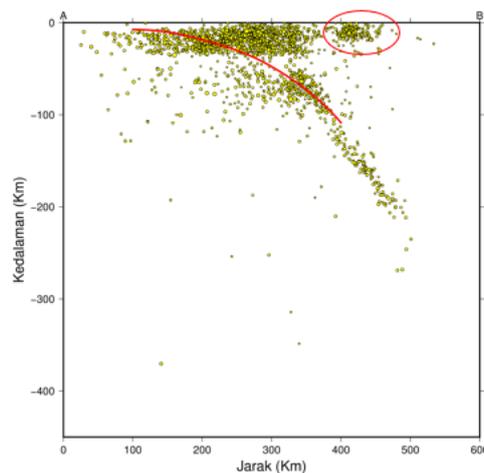


**Gambar 7.** *Cross Section* Setelah Relokasi

Pada gambar 6 dan 7 merupakan penampang melintang (*cross section*) sebelum dan setelah relokasi yang dilakukan untuk mendapatkan atau melihat distribusi gempabumi terhadap kedalaman di mana, penampang A-B melintang melewati sesar-sesar aktif di Sumatera Barat seperti zona subduksi, sesar sumatera dan sesar mentawai.



**Gambar 8.** Distribusi Berdasarkan Kedalaman Sebelum Relokasi

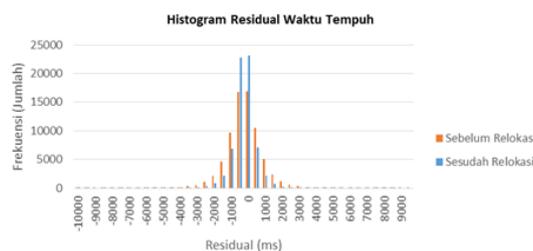


**Gambar 9.** Distribusi Berdasarkan Kedalaman Setelah Relokasi

Pada gambar 8 dan 9 di atas menunjukkan distribusi gempa bumi terhadap kedalaman sebelum dan setelah relokasi terlihat bahwa distribusi sebelum dan setelah relokasi memiliki pola yang hampir sama akan tetapi, sebaran gempa bumi setelah relokasi lebih mengumpul dan mengikuti pola subduksi. Hasil yang signifikan terlihat pada kumpulan yang sebelum direlokasi pada kedalaman 10 km, di mana setelah relokasi posisinya berubah mengikuti pola tektonik yang ada di wilayah Sumatra Barat.

Pada gambar 9 yang setelah relokasi juga menunjukkan gempa bumi yang berasal dari sesar Sumatera hal tersebut ditunjukkan pada lingkaran merah yang merupakan cluster yang berasal dari sesar Sumatera. Selain itu, juga ditinjau dari kedalamannya yang dangkal di mana cluster tersebut berkumpul membuktikan cluster tersebut bersumber dari sesar Sumatera.

Salah satu cara untuk melihat hasil relokasi dengan metode *double difference* sudah mendekati benar atau tidak yaitu dengan cara membuat histogram residual waktu tempuh dari data sebelum relokasi dan sesudah relokasi.



**Gambar 10.** Histogram Residual Waktu Tempuh

Pada gambar 10 histogram residual waktu tempuh terlihat bahwa dengan menggunakan metode *double difference* untuk relokasi hiposenter gempa bumi di mana, nilai residual waktu tempuhnya setelah relokasi semakin kecil dari pada sebelumnya hal tersebut menunjukkan bahwa nilai residual hasil relokasi yang lebih baik dibandingkan dengan nilai residual sebelum direlokasi. Residual waktu tempuh setelah relokasi lebih baik hal tersebut disebabkan sesuai dengan prinsip dari metode *double difference* yaitu meminimumkan residual time dari waktu tempuh hasil perhitungan dan waktu tempuh hasil pengamatan pada dua event gempa yang berdekatan dengan sejumlah stasiun pencatat gempa yang sama.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Sebaran hiposenter gempabumi sebelum relokasi dan setelah relokasi terdapat beberapa perubahan yaitu data yang terelokasi sebanyak 2610 event dari data awal 2904 event. Perubahan juga terlihat pada posisi hiposenter gempabumi di mana, setelah direlokasi beberapa dari sebaran hiposenternya memusat pada suatu kelompok / cluster tertentu.
2. Dengan menggunakan metode double difference untuk relokasi hiposenter gempabumi dapat memperoleh lokasi hiposenter yang lebih akurat di mana, nilai residual waktu tempuhnya setelah relokasi semakin kecil dari pada sebelumnya hal tersebut menunjukkan bahwa nilai residual hasil relokasi yang lebih baik dibandingkan dengan nilai residual sebelum direlokasi.
3. Pada cross section dan persebaran gempabumi terlihat bahwa sebaran gempabuminya terdistribusi pada zona subduksi di mana, distribusi hiposenter gempabumi mengikuti pola subduksi. Pada cross section dan penyebaran gempabumi juga menunjukkan gempabumi yang berasal dari sesar sumatera yang merupakan cluster yang berasal dari sesar sumatera. Ditinjau dari kedalamannya yang dangkal di mana cluster tersebut berkumpul membuktikan cluster tersebut bersumber dari sesar sumatera.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lebih lanjut perlu dilakukan relokasi hiposenter dengan metode berbeda untuk membandingkan parameter hasil relokasi dari masing-masing metode sehingga memperoleh hasil yang terbaik yang dapat merepresentasikan kondisi tektonik di daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kelas I Silaing Bawah Kota Padang Panjang Sumatera Barat. yang telah memberi kesempatan dan Memberi izin penggunaan data serta sarana kepada penulis dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bormann, P., 2002. "New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP)" Volume 1. GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ). Germany.
- Hurukawa, N., Popa, M., dan Radulian, M., 2008. *Relocation of Large Intermediate Depth Earthquakes in The Vrancea Region, Romania, Since 1934 and a Seismic Gap*. Earth, Planets and Space. 60(6):565-572.
- Mahendra, Rian. Supriyanto, dan Ariska Rudyanto. 2016. *Relokasi dan Klasifikasi Gempabumi untuk Database Strong Ground Motion di Wilayah Jawa Timur*. Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Vol. 3 No. 3.
- Madlazim, dan Santosa, B.J., 2010. *Simultaneous Inversion for 1-D P-Wave Velocity Model, Station Corrections and Hypocenters of Sumatra Earthquakes*: 5 kentingan Physics Forum, Sahid Jaya Solo Hotel, July 14.
- McCaffrey, R., 1991, *Slip vectors and stretching of the Sumatra forearc*, *Geology*, 19, 881-884.
- Natawidjaja, D. and Triyoso W., 2007. *The Sumatran Fault Zone — From Source To Hazard*. Journal of Earthquake and Tsunami, 1, No 1, 21–47
- Novianti, Chi-Chi dan Bagus Jaya Santoso. 2016. Penentuan Hiposenter Gempabumi dan Model Kecepatan Lokal di Wilayah Jawa Timur Menggunakan Metode Double Difference. Jurnal Sainsdan Seni ITS Vol. 5 No. 2. Hal :2337-3520.
- Pavlis, G. L., 1986. *Appraising earthquake hypocenter location errors: a complete practical approach for single-event location*. Bull Seism. Soc. Am, 1600- 1717.
- Setiyawan, Jordan Eko. 2014. *Estimasi Zona Sesar Segmen Aceh Dengan Metode Relokasi Double Difference Dan Metode Local Earthquakes Tomography*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Scholz, C. H., 1968. *The Frequency-Magnitude Relation of Microfracturing in Rock and Its Relation to Earthquakes*. Bull. Seismol. Soc. Am., 58. 399–415.
- Sieh, K. & Natawidjaja, D., 2000, *Meotectonics of the Sumatra Fault, Indonesia*, Journal of Geophysical Research, 105, 28 295-28 326.
- Waldhauser, F., dan Ellsworth, W. L., 2000. *A Double-Difference earthquake location algorithm: Method and application to the Northern Hayward fault, California*, Bulletin of the Seismological Society of America, 90, 1353– 1368.



- Waldhauser, F., 2001. HypoDD – *A Program to Compute Double-Difference Hypocenter Locations*. United States Geological Survey.
- Wulandari, Anggina, Syafriani, Andiyansyah dan Z. Sabaran. 2016. *Relokasi Hiposenter Gempabumi Sumatera Barat menggunakan Metode Double Difference (DD)*. PILLAR OF PHYSICS, Vol. 8. Hal : 17-24.