

Relokasi Gempabumi Di Sesar Renun A, B, Dan C Dengan Menggunakan Metode *Double Difference* (Hypo-DD)

Sri Wulandari¹, Alexander F.T Parera² dan Lailatul Husna Lubis³

^{1,3}Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

²Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

Jl. Lap. Golp No.120. Kp.Tengah, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang Kode Pos 20353

Email Korespondensi: wd0499830@gmail.com

ABSTRAK

Sumatera bagian Utara adalah daerah yang rawan terjadinya gempabumi karena adanya aktifitas tumbukan Lempeng Ino-Australia dan Eurasia. Patahan yang terjadi di Sumatera Utara dipengaruhi oleh beberapa segemen aktif salah satunya sesar Renun A, Renun B, dan Renun C dengan batasan koordinat 97°30'0" BT - 99°30'0" BT dan 2°0'0" LU - 3°30'0" LU. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan relokasi event hiposenter gempabumi di wilayah Sumatera Utara pada segmen sesar Renun A, B, dan C, mengetahui perbandingan perubahan posisi hiposenter gempa di segmen sesar Renun A, B, dan C antara sebelum dilakukan relokasi dan sesudah dilakukan relokasi serta untuk mengetahui pemicu gempa lainnya di sekitar sesar Renun termasuk pada wilayah Toba. Penelitian ini menggunakan metode Double Difference (Hypo-DD). Data yang digunakan berupa data arrival time yang berasal dari gelombang seismik pada rentang waktu 01 Januari 2020 s.d 31 Desember 2020. Data ini diperoleh dari BMKG Kelas 1 Deli Serdang. Jumlah event gempabumi yang terelokasi di segemen Renun pada tahun 2020 adalah sebanyak 82 gempabumi. Hasil relokasi dengan menggunakan metode hypoDD menunjukkan perubahan pada hiposenter yang lebih baik dibandingkan posisi awal, gempabumi yang terjadi pada tahun 2020 hanya beberapa kejadian gempabumi pada wilayah sesar Renun A, Renun B, dan Renun C.

Kata Kunci : *Arrival time, Double Difference, Relokasi Gempabumi.*

ABSTRACT

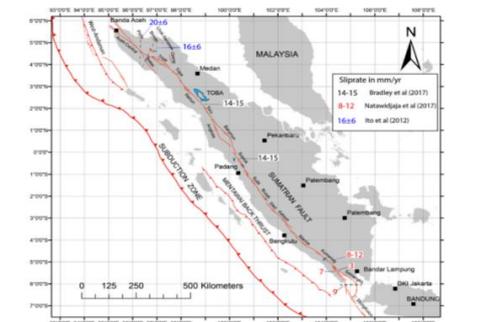
Northern Sumatra is an area that is prone to earthquakes due to the collision of the Ino-Australian and Eurasian plates. The fault that occurs in North Sumatra is influenced by several active segments, one of which is the Renun A, Renun B, and Renun C faults with coordinate limits 97°30'0" east longitude - 99°30'0" east longitude and 2°0'0" north longitude - 3°30'0" N. The purpose of this study is to relocate earthquake hypocenter events in the North Sumatra region on the Renun A, B, and C fault segments, to find out the comparison of changes in the position of the earthquake hypocenter in Renun A, B, and C fault segments between before relocation and after relocation and to know other earthquake triggers around the Renun fault, including in Toba region. This study uses the Double Difference (Hypo-DD) method. The data used in the form of arrival time data from seismic waves in the range of January 1, 2020 to December 31, 2020. This data was obtained from BMKG class 1 Deli Serdang. The number of earthquake events located in the Renun segment in 2020 were 82 earthquakes. The results of the relocation using the hypoDD method showed a change in the hypocenter that was better than the initial position, the earthquakes that occurred in 2020 were only a few earthquakes in the Renun A, Renun B, and Renun C fault areas.

Keywords : *Arrival time, Double Difference, Earthquake Relocation.*

A. PENDAHULUAN

Negara Indonesia yang terletak di antara pertemuan 3 lempeng tektonik aktif yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik menyebabkan Indonesia menjadi wilayah yang rawan terhadap bencana alam gempa bumi tektonik salah satunya wilayah Pulau Sumatera. Pulau Sumatera termasuk bagian Barat gugusan kepulauan Nusantara. Sumatera memiliki catatan sejarah gempa sepanjang jalur subduksi semenjak 1797. Selain menimbulkan tsunami, gempa-gempa yang telah terjadi juga menyebabkan kerusakan yang sangat fatal pada wilayah di sekitar pantai. Gempa-gempa besar sejak abad 18 ini menyebabkan *rupture* (sobekan) hampir di sepanjang jalur subduksi Sumatera. Namun terdapat *seismic gap* pada Sumatera bagian Utara yang mengindikasikan bahwa belum terjadi pelepasan energi yang terakumulasi pada jalur subduksi di wilayah ini sepenuhnya.

Pada bagian Sumatera bagian utara ini terbentang dari Aceh sampai Lampung yang memiliki 19 segmen tektonik aktif, salah satu segmen tektonik aktif berada pada wilayah Sumatera Utara. Sebagian besar gerakan *strike-slip* yang berkaitan dengan konvergensi miring antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia diakomodasi oleh zona sesar ini. Sesar ini berakhir di utara, tepat di bawah kota Banda Aceh, yang hancur akibat gempa bumi Samudra Hindia pada tahun 2004. Setelah gempa bumi yang terjadi pada bulan Desember tahun 2004, tekanan pada sesar Sumatera telah meningkat pesat, terutama di utara.



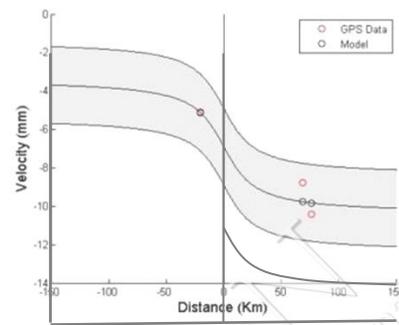
Gambar 1. Perubahan sesar di Sumatera (Natawidjaja, 2018)

Berdasarkan kejadian gempa bumi yang sering terjadi di Sumatera pada umumnya, dilakukan *klustering* berdasarkan

peta seismitas di sepanjang sesar. Segmen patahan Sumatera dapat digambarkan berdasarkan tingkat kluster dimana magnitudo gempa bumi maksimum diperoleh dari segmen dan kondisi segmen di patahan Sumatera yang dapat dilihat pada gambar 1.

Data geodetik, yaitu data pengamatan GPS digunakan untuk menghitung nilai laju geser setiap segmen Sesar Sumatera. Namun, karena keterbatasan titik pengamatan GPS, perhitungan untuk beberapa segmen terdekat digabung menjadi nilai laju geser.

Di Sumatera Utara sendiri memiliki beberapa Segmen gempa bumi tektonik aktif yaitu salah satunya yang terletak di Renun yang terbentang dari Tapanuli Utara sampai Sidikalang. Renun A dengan letak geografis $97^{\circ}30'0''$ BT - $99^{\circ}30'0''$ BT dan $2^{\circ}0'0''$ LU - $3^{\circ}30'0''$ LU, Renun B dengan letak geografis $98^{\circ}0'0''$ BT - $98^{\circ}0'0''$ BT dan $2^{\circ}30'0''$ LU - $3^{\circ}5'0''$ LU, Renun C dengan letak geografis $98^{\circ}0'0''$ BT - $98^{\circ}15'0''$ BT dan $2^{\circ}45'0''$ LU - $3^{\circ}5'0''$ LU. Perhitungan laju geser di segmen Renun menggunakan titik-titik GPS seperti yang tersaji pada gambar 2.



Gambar 2. Segmen Renun (Pusgen, 2017)

Berdasarkan gambar di atas dan hasil perhitungan laju geser diperoleh nilai laju geser di segmen Renun sebesar 5-9 mm/tahun. Segmen Renun terbagi lagi menjadi tiga segmen kecil, yaitu Renun-A, Renun-B, dan Renun-C. Nilai laju geser untuk setiap segmen-segmen kecil tersebut diperoleh dari hasil pembobotan berdasarkan nilai laju geser segmen Renun secara keseluruhan (Pusgen, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan relokasi *event hipocenter* gempa bumi di wilayah Sumatera Utara pada segmen sesar Renun A, B, dan C dengan

menggunakan metode *hypo-DD* untuk mengetahui perbandingan perubahan posisi hiposenter gempa di segmen sesar Renun A, B, dan C antara sebelum dilakukan relokasi dan sesudah dilakukan relokasi serta mengetahui pemicu gempa lainnya di sekitar sesar Renun, termasuk pada wilayah Toba.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dari bulan September hingga November 2021. Penelitian dilakukan di BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika), Stasiun Geofisika Deli Serdang, Medan. Penetapan lokasi penelitian ini dilakukan di daerah Segmen lokal Renun A, B, dan C dengan titik koordinat 97°30'0" BT hingga 99°30'0" BT dan 2°0'0" LU hingga 3°30'0" LU di Sumatera Utara.

Penelitian ini menggunakan data *arrival time* gelombang Seismik dari katalog BMKG untuk gempa bumi daerah Sumatera Utara tepatnya pada Segmen Sesar Renun A, Renun B, Renun C dan sekitarnya selama periode 1 Januari 2020 hingga 31 Desember 2020. Adapun batasan koordinat daerah penelitian membentang dari 97°30'0" BT hingga 99°30'0" BT serta 2°0'0" LU hingga 3°30'0" LU. Dalam kejadian gempa bumi ini terdapat 95 data kejadian gempa bumi pada Segmen Lokal Renun A, B, dan C.

Adapun parameter yang tercakup dalam data tersebut antara lain waktu kejadian gempa bumi, koordinat *epicenter* gempa bumi (lintang, bujur, kedalaman, magnitudo dan waktu). Kejadian-kejadian gempa bumi tersebut direkam oleh beberapa *shelter sensor* terdekat. Data stasiun yang digunakan merupakan data stasiun seismik yang tidak hanya di daerah penelitian, tetapi data stasiun menyeluruh yang tersebar di seluruh wilayah Sumatera Utara dan sekitarnya.

Dalam penelitian ini menggunakan metode *Daouble Difference (hypoDD)*. Metode ini merupakan metode teknik relokasi gempa bumi yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan posisi hiposenter gempa bumi yang lebih akurat yang sesuai dengan data yang didapatkan oleh katalog BMKG. Prinsip metode ini adalah jarak persebaran hiposenter antara dua data gempa bumi yang memiliki *raypath* yang sama antara jarak dan hiposenter setasiun. Dengan demikian, pada

waktu tempuh hasil perhitungan, dan pengamatan, pada data gempa bumi yang mendekati dengan beberapa stasiun pencatat gempa bumi yang sama. Jarak antara dua data gempa bumi harus lebih kecil dibandingkan jarak stasiun pencatat gempa.

Perbedaan antara *residual time* dengan observasi dan kalkulasi antara dua data gempa bumi yang dituliskan sebagai berikut:

$$dr_k^{ij} = (t_k^i - t_k^j)^{obs} - (t_k^i - t_k^j)^{cal} \quad (1)$$

Dimana,

i dan j = dua hiposenter yang saling berdekatan

k dan l = dua stasiun yang merekam kedua kejadian gempa tersebut

t_k^i = waktu tempuh dari gempa i yang direkam oleh stasiun

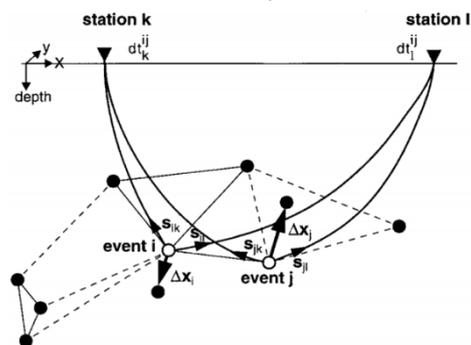
dr_k^{ij} = waktu tempuh residual antara pasangan gempa i dan j pada stasiun k

t^{obs} = waktu tempuh observasi (yang terekam oleh stasiun penerima)

t^{ca} = waktu tempuh kalkulasi (diperoleh dari perhitungan berdasarkan *ray tracing* pada model kecepatan Jepang).

Persamaan (1) menyatakan waktu tempuh residual (dr_k^{ij}) dari dua gempa bumi i dan j di stasiun pengamatan k yang dihitung berdasarkan perbedaan antara waktu tempuh yang diamati dan yang dihitung untuk dua gempa bumi. T_k^i adalah waktu tempuh gempa i ke stasiun k, sedangkan T_k^j adalah waktu tempuh gempa j ke stasiun k.

Gambar 3. Ilustrasi dari algoritma metode DD (Waldhauser and Ellsworth, 2000).



Gambar 3 menunjukkan ilustrasi algoritma metode *Daouble Difference*, dimana lingkaran hitam dan putih adalah hiposenter uji yang terkait dengan gempa bumi sekitarnya menggunakan data korelasi silang (garis utuh) dan data katalog (garis putus-putus). Notasi *s* adalah vektor kelambatan, itu adalah vektor perubahan peristiwa i dan j,

dan dt adalah selisih waktu tempuh antara $event$ i dan j pada setiap stasiun k dan l .

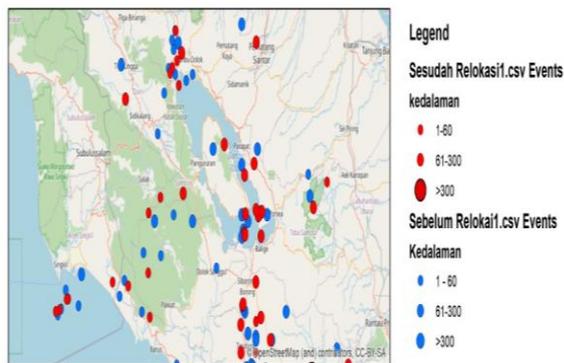
C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data yang digunakan merupakan data *arrival time* yang berasal dari gelombang Seismik dari katalog BMKG. Jumlah data awal yang digunakan yaitu sebanyak 95 kejadian pada tahun 2020. Pengolahan relokasi data gempa bumi menggunakan metode *hypoDD* dengan prinsip *trial and error*. Dengan jumlah awal kejadian gempa bumi 140 data, setelah dilakukannya sortir data ternyata ada 97 kejadian gempa bumi, selanjutnya data tersebut diinput melalui *hypoDD* hanya menjadi 82 kejadian gempa bumi.

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa data yang tereliminasi yaitu 15 data gempa bumi. Banyak kejadian gempa bumi yang dieliminasi disebabkan oleh parameter pada *ph2dt* maupun *hypoDD* yang membatasi jarak antar pasangan kejadian gempa bumi yang tidak memiliki pasangan dengan kejadian gempa bumi lainnya, maka kejadian tersebut dieliminasi.

Pembahasan

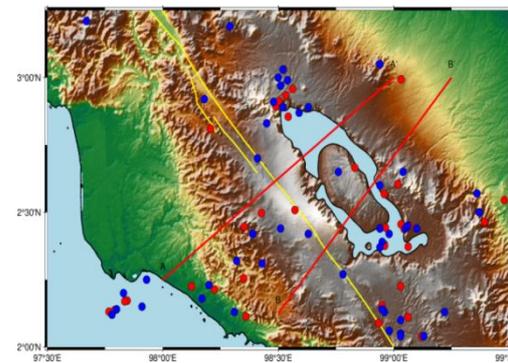


Gambar 4. Gabungan episenter gempa bumi sebelum relokasi dan sesudah relokasi dengan menggunakan ArcGis

Gambar 4 menunjukkan hasil sesudah dan sebelum di relokasi di Renun A, B dan C pada tahun 2020 menggunakan metode *Double Difference* dengan memberikan perubahan lokasi gempa bumi yang berdasarkan pasangan gempa bumi yang dikelompokkan oleh program *ph2dt*.

Persebaran terjadinya gempa bumi sebelum relokasi yang ditunjukkan pada titik yang berwarna biru dengan persebaran dalam peta tidak memperlihatkan pola yang sesuai dengan sesar utamanya. Setelah direlokasi

seperti yang ditunjukkan pada titik yang berwarna merah ternyata hanya beberapa gempa bumi yang diakibatkan oleh sesar Renun, baik Renun A, B maupun C. Bisa dikatakan, selama tahun 2020, sesar Renun tidak terlalu aktif secara seismisitasnya. Akan tetapi, ada fenomena yang cukup menarik di sekitar sesar Renun, yakni adanya peningkatan aktivitas vulkanik (*Gumung Sinabung*) pada bagian utara Toba dan peningkatan aktivitas Seismik pada bagian selatan Pulau Samosir.

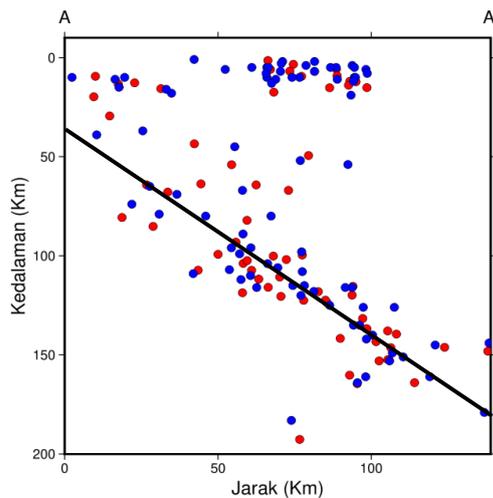


Gambar 5. Hasil Plotting menggunakan GMT

Pada gambar 5 menyatakan sebaran episenter gempa bumi sebelum dan sesudah relokasi, serta penambahan garis *Cross Section* A-A' dan *Cross Section* B-B' dengan hasil dari GMT dimana data yang digunakan adalah data *hypoDD* dengan input *hypoDD.loc* dan *hypoDD.reloc*. Tujuan digunakannya GMT untuk mengetahui *Cross Section* dari sebaran sebelum dan sesudah relokasi, dan tujuan *Cross Section* adalah untuk memudahkan kita melihat pola yang terbentuk pada kedalaman tertentu dan menghubungkannya dengan fenomena bawah permukaan di daerah sesar Renun.

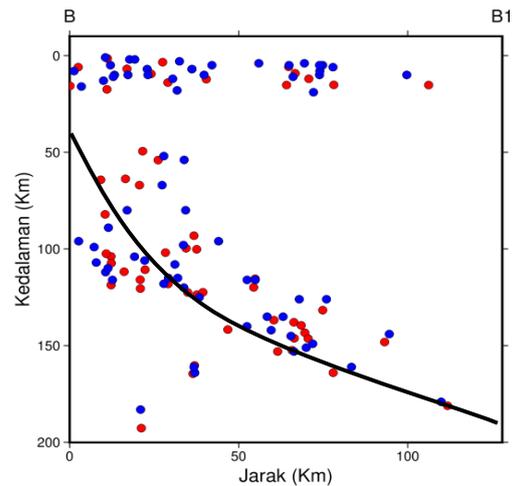
Hasil Cross Section

Hasil yang didapatkan menggunakan metode hypoDD merupakan data setelah dan sesudah relokasi yang kemudian di *plotting* menggunakan GMT yang digunakan untuk mengetahui *Cross Selection* yang bertujuan untuk memudahkan penampang 3D dimana pada gambar di bawah ini melihat konsentrasi sebaran hiposenter dan kedalaman pada patahan di daerah penelitian, *Cross Selection* dibagi menjadi dua bagian yaitu *Section A-A'* dan *Cross Section B-B'*.



Gambar 6. *Cross Section A-A'*

Gambar 6 menunjukkan *Cross Section A-A'* dapat dilihat titik biru menyatakan sebelum relokasi dan titik merah sesudah relokasi, hingga menunjukkan perbedaan kedalaman sebelum dan sesudah relokasi pada setiap kejadian gempa bumi. Kedalaman gempa yang paling dalam berkisar 170 km. Pada kedalaman 2-12 km mayoritas gempa bumi dangkal. Ini mengidentifikasi bahwa gempa-gempa tersebut terjadi karena dipicu oleh aktifitas sesar Renun, Gunung Sinabung, dan Samosir.



Gambar 7. *Cross Section B-B'*

Gambar 7 menunjukkan kedalaman gempa terjadi relatif dangkal yaitu dengan kedalaman 2-15 km. Pada kedalaman menengah tepatnya pada kedalaman 90-170 km di bawah permukaan, terdapat cukup banyak gempa bumi. Sebaran hiposenter membentuk pola vertikal yang jika diinterpretasikan pasti berkaitan dengan zona penunjaman (subduksi).

D. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu data yang digunakan merupakan data *arrival time* yang berasal dari gelombang Seismik. Pengolahan relokasi data gempa bumi menggunakan metode hypoDD dengan prinsip *trial and error*. Proses pengolahan data menggunakan script hypoDD. Sebelum dilakukannya relokasi episenter gempa bumi bersebaran tidak sesuai dengan garis sesar karena pada stasiun pengamat hanya menggunakan waktu yang terlalu singkat namun setelah dilakukannya relokasi menggunakan *double difference* ternyata hasil yang didapatkan sesuai dengan daerah penelitian.

Pada hasil penelitian ini dengan menggunakan metode hypoDD, gempa bumi pada wilayah sesar Renun A, Renun B, dan Renun C yang terjadi pada tahun 2020 hanya beberapa kejadian gempa bumi. Tetapi terjadi hal yang menarik pada beberapa gempa yang terjadi tidak pada wilayah sesar Renun, masih dalam wilayah penelitian ini. Antara lain gempa karena aktivitas vulkanik (Gunung Sinabung) pada bagian utara Toba dan pada Pulau Samosir gempa di selatan Toba yang cukup menarik karena belum kita ketahui apa pemicu

utamanya. hal ini membutuhkan penelitian lebih lanjut.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar, 2009, Seismologi, Penerbit ITB : Bandung.
- Ali, Abdullah A. (2021). *Relokasi hiposenter gempa bumi daerah lombok Dan sekitarnya menggunakan metode double Difference*. (Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi). Diakses dari <https://repository.unja.ac.id>
- Aswad, Sabrianto. 2010. Relokasi Gempa Vulkanik Kompleks Gunung Guntur Menggunakan Algoritma Double Difference. Karya Tulis. Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Dewi, Fhera Chandra dkk. (2017). Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Sumatera Bagian Selatan Menggunakan Metode *double difference* (hypo-dd). *Jurnal Geofisika Eksplorasi* Vol. 3, no : 2, 2-4.
- Madrinovella, Iktri dkk. (2011). Relokasi hiposenter gempa padang 30 september 2009 menggunakan metode double difference. vol : *XVIII*, no : 1, 4-5.
- PuSGen, P. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung : Puskim.
- Rahayu, Teguh dkk. (2020). *Wajah Tektonik Sumatera bagian Utara*. Medan : Yayasan Kita Menulis.
- Rohadi, S., Widiyantoro, S., Andri, DN., & Masturyono. (2011). "Relokasi gempa bumi menggunakan metode tomografi double difference pada data gempa bumi di Jawa tengah (katalog meramex)". *Proceedings JCM. The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition, Makassar*.
- Sieh, K. and Natawidjaja, D., (2000). Neotectonics of the Sumatera Fault, Indonesia, *Journal of Geophysical Research*, 105 (B12) : 28,295-28,326.
- Waldhauser, F. and Ellsworth, W.L. (2000). A Double-difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California. *Bull. Seismo. Soc. Am.* Vol. 90, 1353-1368.
- Wijaya, Andrias S. (2016). *Relokasi Hiposener Data Gempa Jepang dengan Menggunakan HypoD*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). Diakses dari <https://repository.its.ac.id>