

RELOKASI HIPOSENTER GEMPA BUMI DENGAN MAGNITUDO $\geq 5,0$ DI WILAYAH SUMATERA UTARA PERIODE TAHUN 2012-2016

Isnaini¹⁾, Madlazim²⁾

¹⁾Mahasiswa prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, e-mail: mafrukaisnaini@gmail.com

²⁾Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, e-mail: madlazim@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini berlokasi di wilayah Sumatera Utara dengan batas koordinat 1° - 4° LU dan 98° - 100° BT. Sumatera Utara berada pada zona subduksi dimana merupakan zona pertemuan lempeng Indo-Australia yang menunjarm terhadap lempeng Eurasia sehingga potensi terjadi gempa bumi tinggi. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan menentukan distribusi lokasi hiposenter gempa bumi, model kecepatan 1-D gelombang P baru, dan nilai koreksi stasiun berdasarkan hasil relokasi di wilayah Sumatera Utara. Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* Velest 3.3. Data yang digunakan sebanyak 49 kejadian gempa bumi dengan magnitudo $\geq 5,0$ yang bersumber dari katalog WebDC3. Parameter input meliputi data kejadian gempa bumi lokal, koordinat stasiun seismik, *travel time* dan model kecepatan awal 1-D gelombang P. Kemudian diperoleh beberapa data hasil yang dilanjutkan dengan *plotting* hasil. Hasil dari relokasi hiposenter menunjukkan 28 data gempa bumi mengalami kenaikan kedalaman dan 21 data gempa bumi lainnya mengalami penurunan kedalaman. Berdasarkan persebaran episenter sebagian besar kejadian mengalami pergeseran posisi *latitude* dan *longitude*. Model kecepatan akhir yang diperoleh lebih lambat dari model kecepatan awal pada kedalaman 4 km sampai kedalaman 35 km. Nilai koreksi stasiun berkisar antara -3.64 s sampai 2.32 s. Koreksi stasiun relatif terhadap stasiun referensi TRSI, terdapat 2 stasiun yang memiliki nilai koreksi stasiun positif (+) dan 9 stasiun lainnya memiliki nilai koreksi stasiun negatif (-). Penelitian ini memiliki nilai RMS 2.81 dan nilai GAP 258°.

Kata Kunci: gempa bumi, relokasi hiposenter.

Abstract

This research are located at the Northern of Sumatra with 1° - 4° LU and 98° - 100° BT coordinate boundaries. Northern of Sumatra are on subduction zone where are convergence zone of Indo-Australian and Eurasian plate that have high-potential earthquakes. This research examines to determine the distribution of hypocenter location earthquakes, 1-D model velocity of the recent P wave, and the station correction value based on the results of earthquakes relocating at the Northern of Sumatra. The main instrument which use in this research are Velest 3.3 software. This research are using 49 earthquakes which have ≥ 5.0 magnitude from WebDC3 catalogue. The input parameters are local earthquake event data, recording station coordinates, travel time and initial 1-D velocity model of P wave. After obtained some results data, we have plotting the results. The results of hypocenter relocation show that 28 earthquakes data has increased at the depth of earthquake data, and 21 others at the decreasing depth. Based on the epicenter distribution, the most event have a slip position of latitude and longitude. The final velocity model are obtained slower than the initial velocity model at a depth of 4 km to a depth of 35 km. Correction station values have -3.64 to 2.32 seconds range. The TRSI correction station are relative to the reference stations, there are two stations that have a station correction value positive (+) and 9 other stations have a station correction value is negative (-). This study has a RMS value of 2.81 and the 258° GAP value.

Keywords: earthquakes, hypocenter relocation.

PENDAHULUAN

Sumatera Utara adalah salah satu wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang tinggi (Akbar *et al.*, 2012) karena secara geologi terletak pada zona subduksi pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Akibat pertemuan kedua lempeng tersebut menyebabkan timbulnya beberapa sesar aktif yang berpotensi menjadi titik pusat gempa bumi (Garini *et al.*, 2014; Jatnika *et al.*, 2015; McCaffrey, 2009). Tingginya aktivitas gempa bumi

tersebut lembaga gempa bumi harus memiliki data yang akurat khususnya mengenai data parameter-parameter gempa bumi untuk diinformasikan kepada masyarakat sebagai upaya mitigasi gempa bumi.

Relokasi hiposenter merupakan koreksi atau perbaikan dari parameter hiposenter gempa bumi yang dilakukan untuk memperbarui titik lokasi hiposenter dari data yang telah diumumkan oleh BMKG (Shohaya *et al.*, 2014). Hiposenter dihitung berdasarkan inversi *travel time* yaitu waktu perjalanan gelombang seismik dari titik hiposenter

sampai ke stasiun seismik. Metode inversi yang dilakukan bersifat non linear dan diselesaikan dengan pendekatan linear (Grandis, 2009).

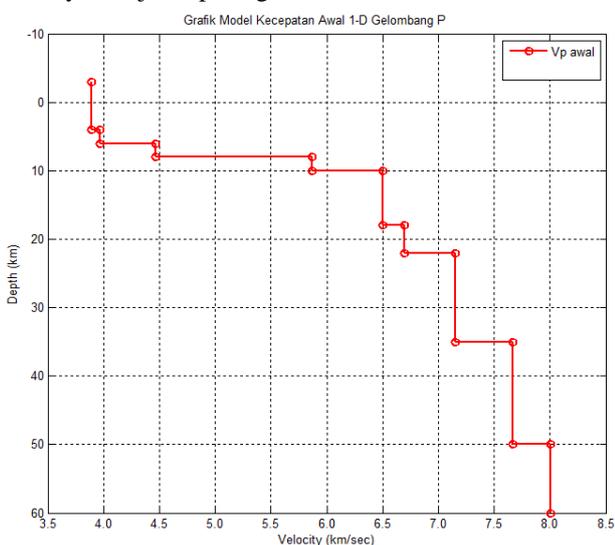
Waktu kedatangan gelombang seismik dapat dituliskan dengan persamaan $t_{obs} = f(s, h, m)$ di mana s adalah lokasi stasiun, h adalah lokasi hiposenter dan m adalah model kecepatan (Madlazim, 2011). Penentuan hiposenter dapat ditentukan dengan menghitung waktu residual antara waktu pengamatan dan waktu perhitungan yang diformulasikan dalam rumus :

$$t_{res} = t_{obs} - t_{cal} \quad (1)$$

METODE

Relokasi hiposenter pada penelitian ini menggunakan *software* Velest 3.3 yang menggunakan data *travel time*. Metode yang digunakan dalam *software* Velest 3.3 adalah metode *coupled velocity hypocenter* yang merupakan relokasi hiposenter, penentuan model kecepatan 1-D dan koreksi stasiun secara simultan menggunakan algoritma pemodelan inversi non linear dan diselesaikan dengan pendekatan linear (Jihad *et al.*, 2014; Kissling, 1995; Rachman & Nugraha, 2012). Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data waktu perjalanan (*travel time*) gelombang P dari gempa bumi lokal. Data gempa bumi terdiri dari magnitudo, *latitude*, *longitude*, kedalaman dan *origin time* yang diperoleh dari katalog WebDC3 at BMKG (<http://202.90.198.100/WebDC3>). Data kejadian gempa yang digunakan ± 49 data gempa bumi lokal yang terjadi di wilayah $1^\circ - 4^\circ$ LU dan $98^\circ - 100^\circ$ BT dengan 411 data *travel time* gelombang P, magnitudo $\geq 5,0$ dan kedalaman 0-50 km.

Penelitian ini model kecepatan awal 1-D gelombang P yang digunakan adalah model kecepatan hasil penelitian dari Madlazim dan Santosa (2010). Model kecepatan awal 1-D gelombang P dengan 9 lapisan yang masing-masing tebalnya disajikan pada gambar 1.



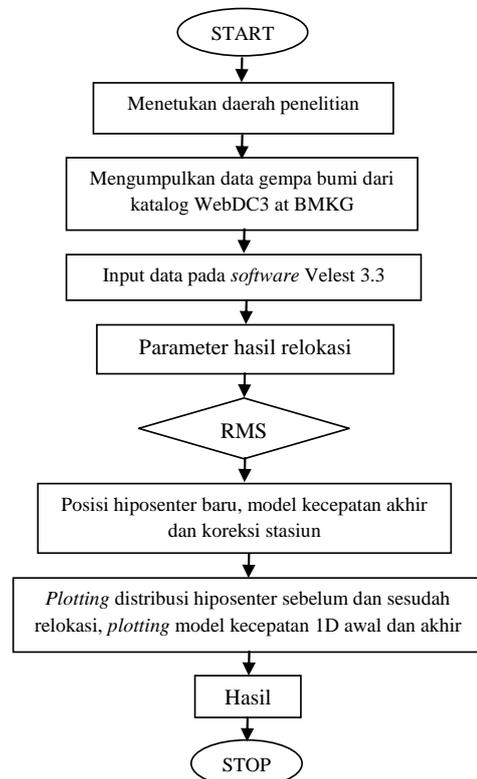
Gambar 1. Model kecepatan awal 1-D gelombang P

Jaringan stasiun seismik yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 12 buah stasiun seismik yang tersebar di sepanjang pulau Sumatera.



Gambar 2. Stasiun seismik gempa bumi

Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data penelitian seperti diagram alir berikut:



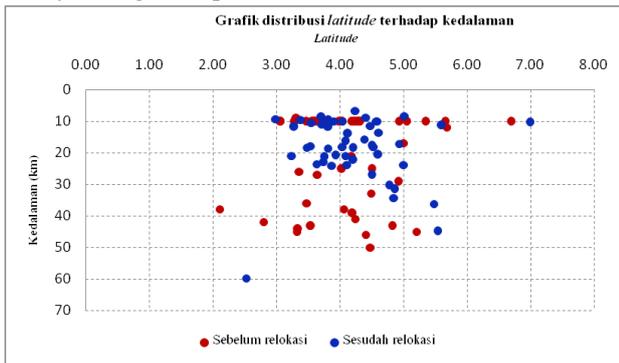
Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

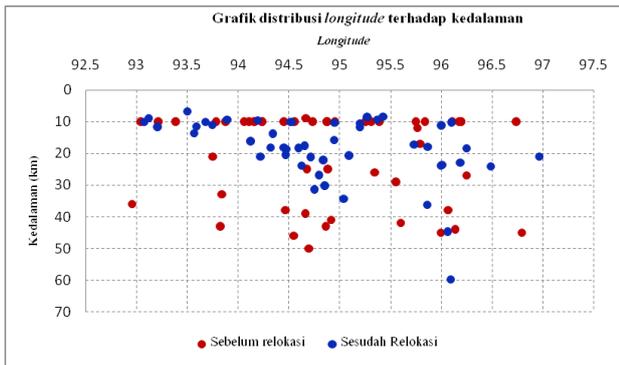
a. Relokasi hiposenter gempa bumi

Hasil penelitian relokasi hiposenter gempa bumi di wilayah Sumatera Utara menunjukkan perubahan posisi *latitude*, *longitude* dan kedalaman. Data kejadian gempa bumi sebagian mengalami kenaikan dan sebagian lagi mengalami penurunan kedalaman. Terdapat 28 data

gempa bumi mengalami kenaikan kedalaman dan 21 data lainnya mengalami penurunan kedalaman.



Gambar 4. Grafik distribusi latitude terhadap kedalaman

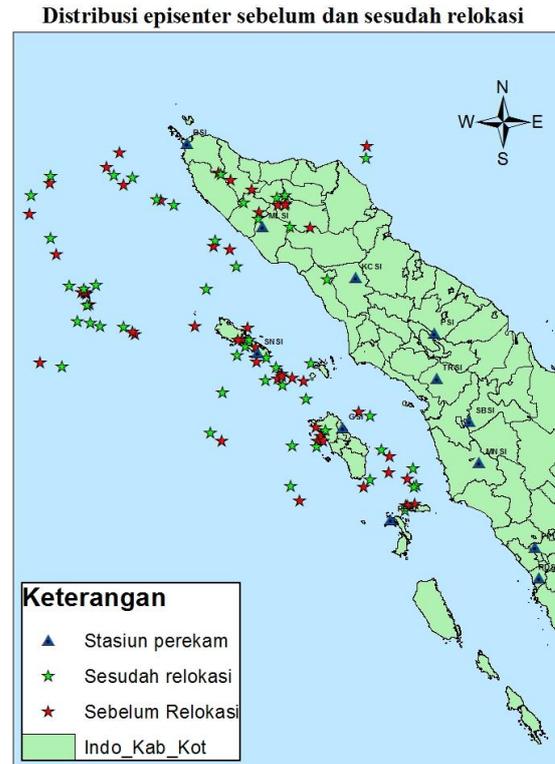


Gambar 5. Grafik distribusi longitude terhadap kedalaman

Berdasarkan distribusi lokasi hiposenter berbasis latitude terhadap kedalaman mayoritas gempa ditemukan lebih dangkal (*shallower*) sehingga dampak kerusakan pada struktur fisik atau bangunan di wilayah Sumatera Utara lebih besar. Dengan demikian studi mitigasi bencana di wilayah tersebut harus mempertimbangkan struktur fisik misalnya struktur bangunan tahan gempa. Perbedaan posisi hiposenter sebelum dan sesudah relokasi disebabkan adanya asumsi model kecepatan awal yang digunakan dari data katalog WebDC3 dan penelitian ini berbeda. Model kecepatan yang digunakan WebDC adalah model kecepatan global yang berasumsi bahwa keadaan di dalam bumi adalah sama. Sedangkan model kecepatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah model kecepatan lokal yang mencakup wilayah Sumatera.

Gempa bumi yang terjadi pada penelitian ini kebanyakan berada di wilayah laut. Berdasarkan persebaran episenter menunjukkan hasil gempa bumi yang terjadi sebagian mendekati zona subduksi, sebagian lain mendekati sesar mentawai dan ada beberapa yang mendekati sesar sumatera. Rachman dan Nugraha (2012) melakukan penelitian relokasi hiposenter yang terfokus pada sesar Aceh dan sesar Renun menunjukkan hasil relokasi yang lebih terfokus pada sesar Aceh dan sesar Renun dan memiliki kedalaman berkisar 20 km. Berikut

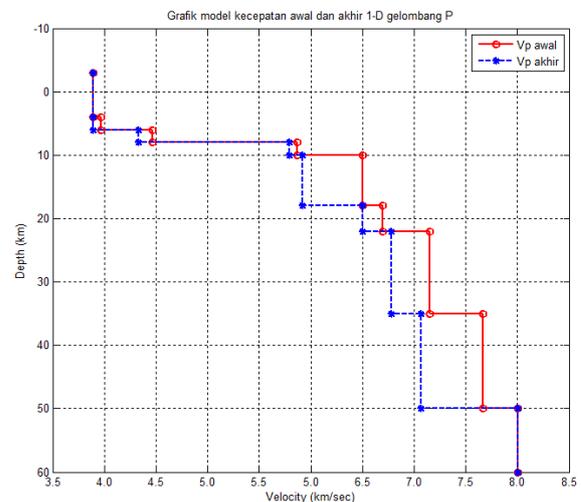
distribusi episenter sebelum dan sesudah relokasi di wilayah Sumatera Utara dapat di lihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Distribusi episenter sebelum dan sesudah relokasi

b. Model kecepatan 1-D gelombang P

Model kecepatan awal yang digunakan sangat mempengaruhi hasil relokasi karena model kecepatan menggambarkan struktur geologi bawah permukaan lokasi penelitian. Model kecepatan akhir 1-D yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda dari model kecepatan awal seperti yang tersaji pada gambar 7 yang menunjukkan plotting model kecepatan awal dan akhir 1-D gelombang P terhadap kedalaman.



Gambar 7. Grafik model kecepatan awal (merah) dan akhir (biru) 1-D gelombang P

Hasil model kecepatan akhir yang diperoleh lebih lambat dari model kecepatan awal pada kedalaman 4 km sampai 35 km. Perbedaan model kecepatan awal dan akhir tersebut karena cakupan wilayah penelitian yang berbeda di mana pada penelitian dilakukan di wilayah Sumatera Utara sedangkan cakupan wilayah dari model kecepatan awal adalah wilayah Sumatera. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi geologi di tiap wilayah yang berbeda-beda. Terlihat juga pada grafik bahwa semakin bertambah kedalaman maka semakin besar pula kecepatan gelombang P (Widiyantoro, 2009). Hal ini menunjukkan struktur bawah permukaan bumi semakin dalam densitasnya semakin padat. Pada penelitian ini lapisan *moho* ditemukan pada kedalaman 50 km dengan kecepatan 8.01 km/s.

c. Koreksi stasiun

Koreksi stasiun merupakan koreksi dari waktu yang dibutuhkan oleh gelombang seismik sampai ke stasiun seismik. Hasil dari koreksi stasiun tersaji pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil koreksi stasiun

Kode stasiun	Nilai koreksi stasiun
BSI	2.32
GSI	-3.05
KCSI	-0.02
MLSI	-2.02
MNSI	-2.18
PBSI	-1.15
PDSI	-3.64
PPI	-2.07
PSI	-1.76
SBSI	0.03
SNSI	-0.45
TRSI	0.00

Koreksi stasiun relatif terhadap stasiun referensi TRSI dengan nilai koreksi 0.00 sekon, artinya kecepatan rata-rata gelombang P memiliki nilai yang sama di stasiun referensi. Hasil yang diperoleh terdapat 2 stasiun yang memiliki nilai koreksi positif (+) dan 9 stasiun lainnya memiliki nilai koreksi negatif (-). Nilai koreksi positif (+) menunjukkan kecepatan gelombang P untuk sampai ke stasiun seismik memiliki kecepatan yang lebih lambat dari kecepatan rata-rata. Hal itu menggambarkan lapisan batuan di sekitar bawah stasiun seismik merupakan lapisan sedimen, pasir atau lempung tanah yang bersifat memperlambat kecepatan rambat gelombang. Nilai koreksi negatif (-) menunjukkan kecepatan gelombang P untuk sampai ke stasiun seismik memiliki kecepatan yang lebih cepat dari kecepatan rata-rata. Kondisi ini menggambarkan lapisan batuan di sekitar bawah stasiun

seismik merupakan lapisan batuan kompak atau padat (Imposa *et al.*, 2009; Madlazim, 2011).



Gambar 8. Konfirmasi koreksi stasiun (warna hijau: positif dan warna merah muda: negatif) dengan peta geologi Sumatera (warna hijau: sedimen dan warna merah muda: batuan kompak).

Berdasarkan konfirmasi dengan peta geologi Sumatera, sebagian besar nilai koreksi stasiun berkorelasi dengan peta geologi namun terdapat beberapa stasiun seismik yang tidak berkorelasi dengan peta geologi Sumatera.

d. Nilai RMS dan GAP

RMS merupakan selisih waktu tempuh pengamatan dan waktu tempuh perhitungan. Pada penelitian ini diperoleh nilai RMS yang cukup besar yaitu 2.81. Nilai RMS yang cukup besar tersebut disebabkan karena jarak terjauh antar stasiun terlalu jauh dan lebih dari jarak lokal.

GAP azimuth merupakan selisih sudut azimuth antara dua kejadian gempa bumi terdekat dengan stasiun referensi. Pada penelitian ini diperoleh GAP azimuth di setiap kejadian gempa bumi berkisar antara 106° sampai 319°. GAP rata-rata yang diperoleh sebesar 258°. Tingginya nilai GAP disebabkan terdapat beberapa lokasi gempa bumi yang jaraknya jauh dari stasiun seismik dan jarak koordinat antar dua kejadian gempa bumi yang berdekatan terlalu jauh sehingga terdeteksi nilai GAP yang cukup besar.

PENUTUP

Simpulan

Hasil relokasi berdasarkan *latitude* terhadap kedalaman dan *longitude* terhadap kedalaman terdapat 28 data gempa bumi yang mengalami kenaikan kedalaman dan 21 data gempa bumi lain mengalami penurunan kedalaman. Hasil persebaran episenter menunjukkan sebagian gempa bumi yang terjadi mendekati zona

subduksi, sebagian lain mendekati sesar mentawai dan beberapa kejadian mendekati sesar sumatera. Berdasarkan distribusi lokasi hiposenter berbasis *latitude* terhadap kedalaman mayoritas gempa ditemukan lebih dangkal (*shallower*). Model kecepatan 1-D akhir yang diperoleh lebih lambat dari model kecepatan awal. Nilai koreksi stasiun pada penelitian ini berkisar antara -3.64 sekon sampai 2.32 sekon.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya *picking* gelombang P akan lebih baik dilakukan dengan lebih teliti. Jarak terjauh antar stasiun seismik sebaiknya tidak terlalu jauh dan tidak melebihi jarak lokal sehingga dapat diperoleh nilai RMS minimum. Studi mitigasi bencana di wilayah Sumatera Utara harus mempertimbangkan struktur fisik misalnya struktur bangunan tahan gempa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada lembaga WebDC3 at BMKG (<http://202.90.198.100/WebDC3>) dan lembaga BMKG yang telah menyediakan data gempa bumi, serta Kissling E yang telah menciptakan *software* *velest* beserta panduannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, G W., Santosa, B. J. (2012). Model Inversi 1D Struktur Lapisan Kerak Bumi Dengan Metode Algoritma Genetik Di Provinsi Sumatera Utara Indonesia. *Jurnal Sains Pomits, Vol.1*(No.1), 1–7.
- Garini, S. A., Madlazim, & Rahmawati, E. (2014). Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Di Sulawesi Tengah Dengan Menggunakan Metode Geiger Dan Coupled Velocity-Hypocenter. *Jurnal Fisika, Vol. 03*(No.02), 107–112.
- Grandis, H. (2009). *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Imposa, S., Fournon, J.-P., Raffaele, R., Scaltrito, A., & Scarfi, L. (2009). Accurate hypocentre locations in the Middle-Durance Fault Zone, South-Eastern France. *Central European Journal of Geosciences, 1*(4), 416–423. <https://doi.org/10.2478/v10085-009-0030-7>
- Jatnika, J. Nugraha, A. D. W. (2015). Relokasi Sumber Gempa Di Daerah Sumatera Bagian Utara Menggunakan Hasil Inversi Simultan Relokasi Dan Kecepatan Gelombang P Tiga Dimensi. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika, Vol. 16*(No.2), 113–121.
- Jihad, A., Ismail, N, F. (2014). Penentuan model kecepatan satu dimensi gelombang berdasarkan data arrival time gempabumi di wilayah Barat Aceh. *Jurnal Megasains, Vol. 5*(No. 2), 111–118.
- Kissling, E. (1995). *Velest user's guide-Short Introduction* (Second dra). Switzerland.

- Madlazim. (2011). *Estimasi CMT, Bidang Sesar dan Durasi Rupture Gempabumi di Sumatera serta Kemungkinan Penerapannya untuk Peringatan Dini Tsunami*. PPs Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Madlazim., Santosa B. J. (2010). Simultaneous inversion for local earthquake hypocentres, station corrections and 1-D velocity model for the Sumatran fault zone. *5th Kentingan Physics Forum*.
- McCaffrey, R. (2009). The Tectonic Framework of the Sumatran Subduction Zone. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 37*(1), 345–366. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.031208.100212>
- Rachman, T. D., & Nugraha, A. D. (2012). Penentuan Model 1-D Kecepatan Gelombang P Dan Relokasi Hiposenter Secara Simultan Untuk Data Gempabumi Yang Berasosiasi Dengan Sesar Sumatra Di Wilayah Aceh Dan Sekitarnya. *JTM, Vol. XIX*(No. 1), 27–33.
- Shohaya, Jihan N., Madlazim., Rahmawati, E. (2014). Model Kecepatan 1-D Gelombang P Dan Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Di Bengkulu Menggunakan Metode Coupled Velocity Hipocenter. *Jurnal Fisika, Vol. 03*(No. 02), 69–73.
- Widiyantoro, S. (2009). *Fisika dan Struktur Interior Bumi* (cetakan II). Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.