

ANALISIS MODEL KECEPATAN LOKAL GELOMBANG PRIMER 1-D DAN KOREKSI STASIUN DI KEPULAUAN MALUKU

Iftitakh Farikhatul Jannah, Supardiyono, Madlazim

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

Email: iftitaefje@gmail.com

Abstrak

Kepulauan Maluku merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan terhadap bencana gempa bumi. Hal tersebut disebabkan letak geografis Kepulauan Maluku terletak pada batas pertemuan tiga lempeng tektonik besar di dunia yang aktif bergerak. Kerentanan wilayah ini diperparah pula oleh Zona Tumbukan Maluku, Subduksi Busur Banda, dan Patahan Kolaka yang menyebabkan potensi terjadi gempa bumi menjadi cukup tinggi. Meskipun demikian, belum banyak penelitian tentang potensi gempa bumi di wilayah Kepulauan Maluku ini. Salah satu cara untuk mengetahui indikasi tingkat aktivitas kegempaan yang disebabkan oleh pergeseran lempeng tersebut adalah dengan menganalisis model kecepatan gelombang primer. Dalam penelitian digunakan 50 data *event* gempa bumi pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 yang diakses dari <http://www.webdc.eu>, dengan 9 buah stasiun seismik. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model kecepatan lokal gelombang primer dan koreksi stasiun di Kepulauan Maluku. Dari data yang telah dianalisis dengan menggunakan metode inversi algoritma genetika didapatkan model kecepatan di Kepulauan Maluku yaitu pada kedalaman 0,00 km sampai 15,58 km gelombang primer memiliki kecepatan sebesar 6,18 km/sekon, pada kedalaman 15,58 km sampai dengan 38,21 km gelombang primer memiliki kecepatan sebesar 6,52 km/sekon, dan pada kedalaman \geq 38,21 km gelombang primer memiliki kecepatan sebesar 8,41 km/sekon dengan RMS 0,771929 dan GAP azimuth sebesar 249. Semakin kedalam kecepatan gelombang primer akan semakin besar, hal ini disebabkan semakin dalam struktur lapisan bumi akan memiliki densitas yang semakin besar. Selanjutnya diperoleh koreksi stasiun positif mendominasi Kepulauan Maluku bagian selatan.

Kata Kunci: Model kecepatan gelombang primer, koreksi stasiun

Abstract

Maluku islands is one of the regions of Indonesia are prone to devastating earthquakes. This is due to the geographical location of the Maluku islands situated at the confluence of three major tectonic plates of the world are actively moving. The vulnerability of the region is also aggravated by the Zone Collision of Maluku, The Arc of Banda, and Kolaka Fault that caused earthquakes potential to be quite high. However, not much research about potential earthquakes in the Maluku Islands region. One way to find out is indicative of the level of seismicity activity caused by the shifting of the plates by analyzing velocity model of primary wave. In the research used earthquakes 50 *event* data in 2009 up to the 2012 which is accessible from <http://www.webdc.eu>, with 9 pieces of seismic stations. As for the purpose of this research is to know the local wave speed model and stations correction in the Maluku islands. From the data that has been analyzed by using genetic algorithm inversion, velocity model obtained in the Maluku Islands at a depth of 0.00 km to 15.58 km primary wave has a speed of 6.18 km / second, at a depth of 15.58 km to 38, 21 km primary wave has a speed of 6.52 km / second, and at a depth of 38.21 km \geq primary wave has a speed of 8.41 km / second with RMS 0.771929 and GAP azimuth was 249. Getting into the primary wave velocity will increase, this is due to the deeper layers of the earth's structure will have a greater density. Subsequently obtained a positive station corrections dominate the southern part of the Maluku Islands.

Keywords: Local velocity model of primary wave, stations correction

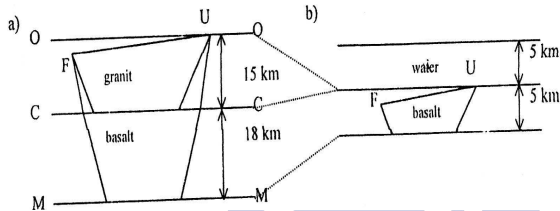
PENDAHULUAN

Kepulauan Maluku merupakan salah satu daerah wilayah timur Indonesia yang rawan gempa bumi dan tsunami, terletak pada batas pertemuan tiga lempeng tektonik besar di dunia yang aktif bergerak, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia serta satu lempeng mikro yaitu lempeng mikro Filipina. Kerentanan ini juga diperparah dengan

terdapatnya Zona Tumbukan Maluku, Subduksi Busur Banda, dan patahan kolaka yang menyebabkan potensi terjadi gempa bumi menjadi cukup tinggi, meskipun demikian, potensi gempa bumi dan tsunami di wilayah Maluku belum banyak diketahui dan diteliti. Tingkat ketelitian penentuan parameter gempa bumi sangat bergantung pada kualitas model kecepatan gelombang seismik yang digunakan (Puspito, 2008).

Bumi tersusun atas beberapa lapisan, yaitu kerak bumi, lapisan mantel, dan yang terdalam adalah inti bumi. Benua dan lautan di permukaan bumi terletak di atas kerak bumi, lempeng-lempeng benua dan lautan ini mengambang di atas mantel yang quasi plastis. Arus-arus konveksi dalam lapisan mantel paling atas merupakan gaya utama yang mengontrol terjadinya gerakan lempeng yang merupakan latar belakang terjadinya gempa bumi. Gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi dari dalam bumi sehingga membentuk gelombang seismik, yang meliputi gelombang badan dan gelombang permukaan, gelombang badan dibagi lagi menjadi dua, yaitu gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S).

Pada saat penjalaran gelombang badan, yaitu gelombang primer dan gelombang sekunder untuk jarak kurang dari 100 atau gempa lokal akan menjadi kompleks karena dipengaruhi oleh struktur kerak bumi yang kompleks dan bervariasi secara regional



Gambar 1. Struktur kerak bumi, fase gelombang dan penjalarnya untuk: a). Kerak benua, dan b). Kerak samudra (Bath dalam Waluyo, 1979)

Gambar 1 diatas menggambarkan struktur kerak bumi yang umum, yakni struktur kerak benua (continental crust, gambar a) dan struktur kerak samudra (oceanic crust, gambar b). Dimana OO adalah permukaan kerak bumi, CC adalah diskontinuitas Conrad yaitu diskontinuitas antara lapisan atas (granit) dan lapisan bawah (basalt), dan MM adalah diskontinuitas Mohorovick (Moho). Dalam hal ini, kecepatan gelombang seismik di dalam material mantel lebih besar dari pada di dalam basalt, dan kecepatan gelombang di dalam basalt lebih besar daripada di dalam granit.

Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data eksperimen yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan suatu informasi. Di dalam proses inversi, kita melakukan analisis terhadap data eksperimen dengan cara melakukan curve fitting (pencocokan kurva) antara model matematika dan data eksperimen. Algoritma genetika merupakan salah satu jenis dari metode inversi. Metode inversi algoritma genetika adalah solusi terbaik dalam penentuan model kecepatan (Groot-Hedlin dan Vernon dalam Afonso, 1998). Dalam penelitian ini model kecepatan gelombang primer 1D akan dianalisis secara inversi algoritma genetika dengan menggunakan software HypoGA dan Velest33.

Penelitian tentang gempa bumi diseluruh Indonesia sebelumnya pernah dilakukan oleh Puspito (1996) dengan menggunakan data teleseismik, Puspito berhasil mengembangkan model struktur kecepatan global

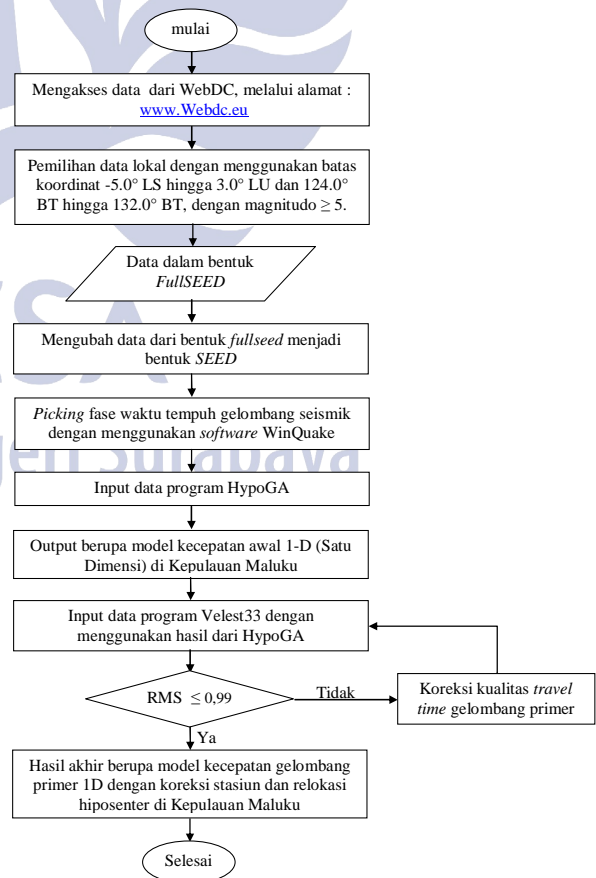
gelombang primer dan harga koreksi untuk stasiun-stasiun seismik di wilayah Indonesia dan sekitarnya.

Salah satu cara untuk mengetahui indikasi tingkat aktifitas kegempaan yang disebabkan oleh pergeseran lempeng tersebut adalah dengan menganalisis model kecepatan gelombang seismik, koreksi stasiun, serta relokasi hiposenter gempa bumi, yang mana hal tersebut dapat digunakan untuk menentukan parameter gempa bumi yang lebih akurat sebagai informasi dini masyarakat Maluku. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Model Kecepatan Lokal Gelombang Primer 1-D dan Koreksi Stasiun di Kepulauan Maluku.” Melalui penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi informasi dini bagi masyarakat Kepulauan Maluku agar dapat dijadikan sebagai acuan perbaikan sistem tanggap bencana, sehingga dapat meminimalisir dampak dari gempa bumi.

METODE

Dalam penelitian ini digunakan 50 data gempa lokal di Kepulauan Maluku yang diperoleh dari WebDC yang diakses melalui alamat <http://www.webdc.eu>, dengan batas koordinat -5.0° Lintang Selatan hingga 3.0° Lintang Utara dan 124.0° Bujur Timur hingga 132.0° Bujur Timur, dengan periode waktu antara tahun 2009 - 2012 serta magnitudo ≥ 5 . Stasiun lokal yang digunakan dalam penelitian meliputi AAI, BNDI, GLMI, KRAI, MSAI, NLAI, OBMI, SANI, dan TNTI.

Berikut diagram alir penelitian Model Kecepatan Lokal Gelombang Primer 1 dimensi di Kepulauan Maluku



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data yang telah diperoleh dipicking dengan menggunakan software Winqquake, selanjutnya dianalisis dengan menggunakan software HypoGA untuk mendapatkan model kecepatan awal gelombang primer. Setelah mendapatkan model awal, data dianalisis secara simultan dengan menggunakan software Velest33 untuk mendapatkan model kecepatan gelombang primer 1 dimensi, koreksi stasiun, dan relokasi hiposenter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Model Kecepatan Lokal Gelombang Primer 1D di Kepulauan Maluku, RMS dan GAP azimuth

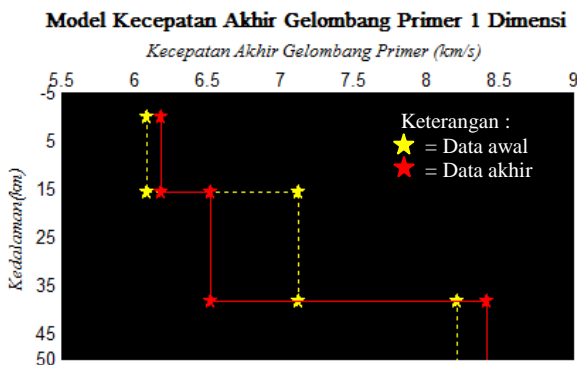
Dari hasil 25 kali running HypoGA, diperoleh data yang mendekati stabil. RMS (*Root Mean Square*) yang didapatkan dari pengulangan pertama sampai terakhir memiliki nilai yang konstan, yaitu sebesar 0,001, sehingga dapat disimpulkan bahwa data model kecepatan awal gelombang primer 1 dimensi di Kepulauan Maluku yang didapatkan melalui HypoGA ini mempunyai tingkat ketelitian yang sangat baik.

Setelah mendapatkan model kecepatan awal, data dianalisis dengan menggunakan software Velest33, sehingga diperoleh model kecepatan lokal gelombang primer 1 dimensi sebagai berikut:

Tabel 1. Model Kecepatan lokal Gelombang Primer 1 Dimensi di Kepulauan Maluku

Lapisan ke -	Kedalaman (km)	Vp awal (km/s)	Vp akhir (km/s)
1	0,00 – 15,58	6,09	6,18
2	15,58 – 38,21	7,12	6,52
3	≥ 38,21	8,21	8,41

Penggambaran tabel 1 dalam suatu grafik digunakan untuk memperjelas model kecepatan lokal gelombang primer, serta mengetahui batasan disontinuitas Conrad dan Mohorovick sebagai berikut:

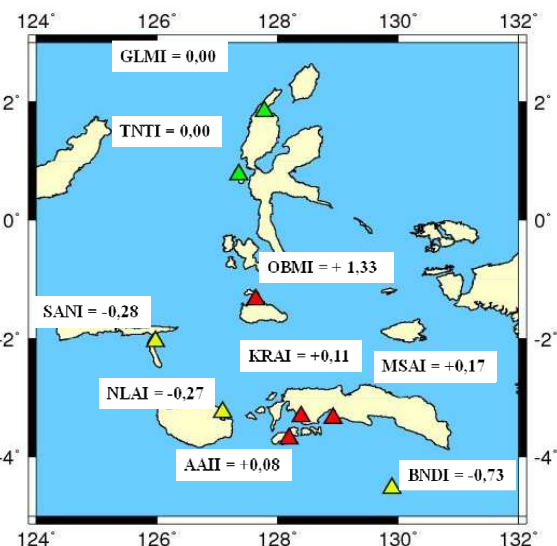


Gambar 3. Grafik Kecepatan Lokal Gelombang Primer 1 Dimensi di Kepulauan Maluku

Pada gambar 3, Model kecepatan lokal gelombang Primer 1-D akhir yang didapatkan terletak pada rentang nilai model kecepatan dalam penelitian Lopes dan Marcelo (2011). Batasan Conrad di Kepulauan Maluku terletak pada kedalaman 15,58 km, sedangkan batasan Mohorovick terletak pada kedalaman 38,21. Dalam penelitian ini diperoleh nilai RMS sebesar 0,771929. Nilai RMS yang diperoleh dalam penelitian ini telah memenuhi syarat RMS yang baik, yaitu $RMS \leq 0,99$. Sedangkan nilai GAP yang diperoleh adalah 249, GAP azimuth merupakan selisih sudut azimuth antara dua kejadian gempa bumi terdekat terhadap stasiun referensi, nilai GAP yang cukup besar dalam penelitian ini dikarenakan beberapa lokasi gempa bumi jauh dari stasiun seismik penerima sehingga nilai GAP yang terdeteksi cukup besar.

2. Koreksi Stasiun

Koreksi stasiun merupakan selisih waktu yang dibutuhkan oleh gelombang primer untuk sampai ke stasiun penerima,



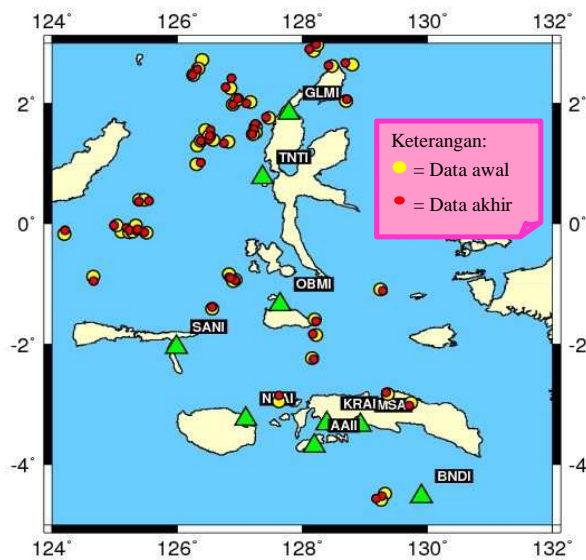
Gambar 4. Koreksi Stasiun di Kepulauan Maluku

Rata-rata koreksi stasiun pada gambar 4 adalah relatif terhadap stasiun referensi (TNTI) yang memiliki nilai koreksi stasiun sebesar 0,00. Selisih waktu positif dikarenakan kecepatan penjalaran gelombang primer untuk sampai ke stasiun perekam lebih lambat dari kecepatan yang diperkirakan oleh model, sehingga waktu tempuh gelombang primer untuk sampai ke stasiun perekam menjadi lebih lama dibandingkan waktu tempuh gelombang primer menuju stasiun referensi, hal tersebut mengindikasikan bahwa jenis batuan yang berada di bawah stasiun perekam adalah sedimen atau pasir, keadaan tersebut menyebabkan kesulitan dalam penjalaran gelombang primer sehingga waktu yang dibutuhkan untuk sampai ke stasiun perekam cukup lama, sementara selisih

waktu negatif adalah sebaliknya dan mengindikasikan bahwa jenis batuan disekitar stasiun perekam tersebut merupakan jenis batuan padat, dimana dalam medium padat gelombang primer akan dapat menjaral lebih cepat. Sedangkan untuk selisih waktu 0,00 detik atau dapat dikatakan sama menunjukkan bahwa kecepatan gelombang primer untuk sampai ke stasiun perekam adalah sama dengan kecepatan yang diperkirakan oleh model, dengan waktu yang sama, koreksi stasiun 0,00 menunjukkan bahwa jenis batuan penyusun juga merupakan batuan padat (Madlazim dkk, 2010)

3. Relokasi Hiposenter

Relokasi hiposenter merupakan perbaikan dari *latitude*, *longitude*, kedalaman, serta *origin time* dari *event* gempa bumi yang diperoleh dari WebDC. Dalam penelitian ini sebagian besar *event* mengalami pergeseran koordinat dari keadaan awal, seperti digambarkan pada peta distribusi *event* awal (sebelum relokasi) dan akhir (sesudah relokasi) sebagai berikut:



Gambar 5. Relokasi Hiposenter di Kepulauan Maluku

Gambar 5 menunjukkan sebagian besar *latitude* dan *longitude* gempa bumi mengalami pergeseran yang relatif kecil dengan *latitude* dan *longitude* awal sebelum dilakukan relokasi, namun tetap dalam wilayah zona tumbukan maluku dan zona subduksi busur banda. Dalam penelitian ini model kecepatan gelombang memiliki pengaruh terhadap posisi hiposenter suatu gempa bumi, dimana hiposenter merupakan fungsi dari kedalaman. Sehingga dengan menggunakan model kecepatan yang berbeda, maka posisi hiposenter juga akan ikut mengalami perubahan. Dengan mengetahui relokasi hiposenter maka dapat diketahui tingkat intensitas kerusakan yang

ditimbulkan oleh bencana gempa bumi di Kepulauan Maluku ini.

Kutipan dan Acuan

Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan Puspito (1996) diperoleh hasil yang berbeda pada model kecepatan gelombang, hal tersebut dikarenakan pada penelitian Puspito (1996) menggunakan data teleseismik dengan wilayah penelitian mencakup seluruh Indonesia dan sekitarnya, sedangkan dalam penelitian ini digunakan data lokal dengan wilayah penelitian Kepulauan Maluku. Selain itu kedalaman pada tiap lapisan yang digunakan memiliki rentang nilai yang cukup besar, yaitu 0,00 km sampai dengan 700,00 km (gambar 2.18), sedangkan dalam penelitian ini rentang nilai kedalaman hanya pada 0,00 sampai dengan 38,21 (hasil dari HypoGA), namun dalam lapisan pertama yaitu pada kedalaman 0,00 sampai 15,58 gelombang primer memiliki kecepatan yang 6,18 km/s relatif sama dengan hasil penelitian Puspito (1996) yaitu pada kedalaman 0,00 sampai 34,00 km gelombang primer memiliki kecepatan 6,08 km/s, sedangkan pada lapisan kedua dan ketiga kecepatan gelombang primer yang didapat dalam penelitian ini berbeda dengan hasil dari penelitian Puspito (1996) hal tersebut dikarenakan perbedaan nilai rentang pada penentuan lapisan bumi.

Untuk koreksi stasiun, dalam penelitian ini memiliki satu buah stasiun yang sama dengan penelitian Puspito (1996) serta memiliki nilai koreksi stasiun yang sama positif (gambar 2.18 dan gambar 4.4), yaitu stasiun AAIL yang memiliki koreksi stasiun +0,08 sedangkan pada penelitian Puspito (1996) koreksi stasiun bernilai +0,35, perbedaan nilai tersebut dikarenakan perbedaan stasiun referensi yang digunakan dan wilayah penelitian, dimana dalam penelitian Puspito (1996) menggunakan wilayah Indonesia dan sekitarnya, sedangkan penelitian ini menggunakan wilayah Kepulauan Maluku, sehingga hasil yang didapatkan tidak akan dapat sama secara signifikan

PENUTUP

Simpulan

1. Model kecepatan lokal gelombang primer 1 dimensi di Maluku bervariasi terhadap kedalaman, pada Lapisan 1 dengan kedalaman 0,00 km sampai dengan 15,58 km memiliki kecepatan awal = 6,09 km/s dan kecepatan akhir = 6,18 km/s, pada Lapisan 2 dengan kedalaman 15,58 km sampai dengan 38,21 km memiliki kecepatan awal = 7,12 km/s dan kecepatan akhir = 6,52 km/s, dan pada Lapisan 3 dengan kedalaman lebih dari 38,21 km memiliki kecepatan awal = 8,21 km/s dan kecepatan akhir = 8,41 km/s, hal tersebut sesuai dengan teori bahwa semakin ke dalam kecepatan gelombang primer

semakin tinggi dikarenakan semakin ke dalam struktur bumi memiliki densitas yang semakin besar. Batasan Conrad di wilayah Kepulauan Maluku yang didapatkan dari penelitian ini terletak pada kedalaman 15,58 km, sedangkan batasan Mohorovick terletak pada kedalaman 38,21 km. Dalam penelitian ini didapatkan nilai GAP sebesar 249 dengan RMS sebesar 0,771929.

2. Dalam penelitian digunakan 9 buah stasiun seismik, dengan koreksi stasiun antara -0.73 sampai dengan +1.33. Koreksi stasiun di wilayah Kepulauan Maluku didominasi harga positif, sebanyak 4 stasiun memiliki koreksi stasiun positif, yaitu AAI, KRAI, MSAI, dan OBMI, sedangkan untuk 3 stasiun lainnya yaitu BNDI, NLAI, dan SANI memiliki koreksi stasiun negatif. Sementara koreksi stasiun 0,00 berlaku untuk stasiun referensi TNTI dan stasiun GLMI. Dengan menggunakan metode inversi melalui program *Velest33*, dapat juga digunakan untuk membuat relokasi hiposenter, yang merupakan perbaikan koordinat *latitude*, *longitude*, kedalaman dan *origin time* yang dapat digunakan sebagai acuan tingkat intensitas yang ditimbulkan oleh bencana gempa bumi di Kepulauan Maluku.

Saran

Dalam penelitian tentang analisis model kecepatan lokal gelombang primer 1 dimensi di wilayah Kepulauan Maluku dengan menggunakan 50 *event* data gempa bumi dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 ini ditemukan berbagai kendala dalam menentukan parameter *travel time* dan RMS. Berikut ini merupakan saran untuk mengatasi masalah yang muncul dalam perhitungan data antara lain:

1. Ketelitian proses picking data sangat diperlukan untuk mendapatkan *travel time* yang tepat.
2. Pemberian kualitas atau bobot pada *travel time* input *Velest33* harus diperhatikan untuk memperoleh nilai $RMS \leq 0,99$.

Ucapan Terima Kasih

Dalam penelitian ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik moril maupun materil. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada hingganya kepada kedua Orang Tua peneliti yang selalu memberikan do'a, semangat, dukungan dan pengorbanan baik secara moril maupun materil sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian ini, Asnawi, S.Si, M.Si dan Tjipto Prastowo, Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik demi perbaikan penelitian ini. Serta WebDC (www.webdc.eu) yang telah menyediakan data seismik untuk digunakan dalam penelitian ini, Lopez A.E.V dan Kissling E. yang menyediakan software *HypoGA* dan *Velest33*

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2011. Gempa bumi. www.bmkg.go.id/bmkg_pusat/geofisika/gempa_bumi.bmkg. Diakses tanggal 20 Oktober 2012
- Grandis, H. 2009. Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika. Bandung: Himpunan Ahli Geofisika (HAGI)
- Hutabarat, I. 2008. Permasalahan Dalam Penentuan Karakteristik Gelombang Seismik Gempa Yogyakarta Mei 2006 Dari Data GPS High Rate Baseline Panjang. Bandung: ITB
- Imposa, S. 2009. Accurate Hypocentre Locations in the Middle-Durance Fault Zone, South-Eastern France. *Central European Journal of Geosciences*. (DOI:10.2478/v10085-009-0030-7)
- Madlazim, K. 2010. Earthquake source parameters at the sumatran fault zone: identification of the activated fault plane. *Central European Journal of Geosciences*. (DOI:10.2478/v10085-010-0016-5)
- Kissling, E. 1995. Program *Velest* User Guide. Switzerland: Institute of Geophysics and Swiss Seismological Service, ETH-Hoenggerberg
- Lopes, A. E. V. 2010. Genetic Algorithm Inversion of the Average 1D Crustal Structure Using Local and Regional Earthquakes. Brazil : IAG-USP
- Mubarak, Z. 2011. Analisis Distribusi Perubahan Tekanan Coulomb Akibat Gempa Bumi di Pulau Papua 16 Juni 2010 (Skripsi Yang Tidak Dipublikasikan).Surabaya:UNESA
- Noor, D. 2009. Teori Pembentukan bumi dan lempeng tektonik. Palembang: Universitas Sriwijaya (UNSRI)
- Nandi. 2010. Batuan, mineral dan batubara. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)
- Puspito, N. T. 1996. Struktur Kecepatan Gelombang Gempa dan Koreksi Stasiun Seismologi di Indonesia. Bandung: ITB
- Rozaq, A. 2011. Penentuan Parameter Gempa Bumi di Daerah Blitar dan Madiun dengan Menggunakan TDS (Time Digital Seismograph) Tipe 303 Q (Laporan PKL yang tidak dipublikasikan). Malang: UNIBRAW
- Supriyanto, E. 2007. Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi. Jakarta. Universitas Indonesia
- Susilawati. 2008. Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi. Medan: USU
- Waluyo. 2002. Diktat Kuliah Seismologi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada (UGM)
- Widiyantoro, S. 2008. Seismisitas dan Model Zona Subduksi di Indonesia Resolusi Tinggi. Bandung: ITB