

PENENTUAN MODEL KECEPATAN LOKAL 1-D GELOMBANG P DAN S SEBAGAI FUNGSI KEDALAMAN DI WILAYAH SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN METODE INVERSI ALGORITMA GENETIKA

Aprillia Dwi Ardianti

Pembimbing:

Dr. Madlazim, M.Si

Jurusan Fisika, Universitas Negeri Surabaya

Abstract. *It has been done a research about the Determination of Local Speed Model 1-D P and S waves as a depth function in the region of West Sumatra by using Genetic Algorithm Method. The purpose of this research is to determine the speed of 1-D model of P and S waves as a depth function in each layer of Conrad and Moho. This research used data from the WebDC catalog on December 1, 2006 through December 31, 2010. OLS with boundaries 1,20° south latitude – 3,50° south latitude and 98,10° east longitude – 102,10° east longitude, and the amount of data recorded 30 events recorded by 12 seismic stations located in West Sumatra and the distance between the earthquake scene and the station does not exceed 800 km . The research method used as follows. Data that are obtained from webDC catalog in the form of miniseed are changed into a SAC form using the software Win32openSSL1.0.1. and mseed2sac-1.7. Then the data in the form of SAC was picking using Seisgram2K V6.0.0x02 (BETA) and result of the arrival time of P and S wave and also the stations that recorded the earthquake are obtained. After that these data are included in the Hypo71 program so that the result of speed and depth of P and S waves at each of the Conrad and Moho boundary are obtained. Speed model of P and S wave at the Conrad boundary is in a depth of 19.650 km , wave P's speed is starting from (6.120 ± 0.285) km / s to (6.937 ± 0.299) km / s, while the wave S's speed is starting from (3.535 ± 0.182) km / s to (4.007 ± 0.186) km / s. And at the Moho boundary at a depth of 45.030 km, wave P's speed is starting from (6.937 ± 0.299) km / s to (8.200 ± 0.178) km / s, while the wave S's speed is starting from (4.007 ± 0.186) km / s to (4.737 ± 0.135) km / s. The comparison of speed between wave P and wave S is (1.735 ± 0.045) km / s and the rms (root mean squared) obtained at least 0.001. From these results, it can be concluded that the speed in each layer are different, the deeper its location then the more its speed because the density is also big. Besides that the result of rms value is small then the speed model are obtained from this research have big enough accuracy.*

Keywords : *Local Speed Model 1-D P and S waves, Genetic Algorithm, Depth*

Abstrak. *Telah dilakukan penelitian tentang Penentuan Model Kecepatan Lokal 1-D Gelombang P dan S sebagai fungsi kedalaman di wilayah Sumatera Barat dengan menggunakan Metode Algoritma Genetika. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui model kecepatan 1-D gelombang P dan S sebagai fungsi kedalaman pada masing-masing lapisan Conrad dan Moho. Dalam penelitian ini digunakan data dari katalog WebDC pada tanggal 1 Desember 2006 sampai dengan 31 Desember 2010. Dengan batas wilayah 1,20°LS – 3,50°LS dan 98,10°BT – 102,10°BT, dan banyaknya data yang terekam 30 event yang direkam oleh 12 stasiun seismik yang berada di Sumatera Barat dengan jarak antara tempat kejadian gempa dengan stasiun tidak melebihi 800 km. Adapun metode penelitiannya adalah sebagai berikut. Data yang diperoleh dari katalog webDC dalam bentuk miniseed dirubah ke dalam bentuk SAC menggunakan software Win32openSSL1.0.1. dan mseed2sac-1.7. Kemudian data berbentuk SAC ini di picking menggunakan Seisgram2K V6.0.0x02(BETA) dan diperoleh hasil waktu tiba gelombang P dan S serta stasiun yang merekam gempa. Setelah itu data-data ini dimasukkan dalam program Hypo71 sehingga diperoleh hasil kecepatan dan kedalaman gelombang P dan S pada masing-masing batas Conrad dan Moho. Model kecepatan gelombang P dan S pada batas Conrad yaitu*

pada kedalaman 19,650 km secara berturut-turut, gelombang P mempunyai kecepatan mulai dari $(6,120 \pm 0,285)$ km/s sampai $(6,937 \pm 0,299)$ km/s, sedangkan gelombang S mempunyai kecepatan mulai dari $(3,535 \pm 0,182)$ km/s sampai $(4,007 \pm 0,186)$ km/s. Dan pada batas Moho yaitu pada kedalaman 45,030 km, gelombang P mempunyai kecepatan mulai $(6,937 \pm 0,299)$ km/s sampai $(8,200 \pm 0,178)$ km/s, sedangkan gelombang S mempunyai kecepatan mulai dari $(4,007 \pm 0,186)$ km/s sampai $(4,737 \pm 0,135)$ km/s. Perbandingan kecepatan antara Gelombang P dan S sebesar $(1,735 \pm 0,045)$ km/s dan nilai rms (root mean squared) terkecil yang didapatkan sebesar 0,001. Dari hasil ini dapat diambil kesimpulan bahwa kecepatan pada setiap lapisan berbeda, semakin kedalam kecepatannya semakin besar karena kerapatannya juga besar. Selain itu dengan nilai rms yang dihasilkan kecil maka model kecepatan yang didapatkan dari penelitian ini mempunyai taraf ketelitian yang cukup besar.

Kata-kata Kunci : Model Kecepatan Lokal 1-D Gelombang P dan S, Algoritma Genetika, Kedalaman.

I. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai wilayah yang mempunyai tatanan geologi yang unik dan rumit. Hal ini dikarenakan letak Indonesia pada jalur pertemuan tiga lempeng besar dunia yaitu lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara, lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke selatan dan lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke barat yang menyebabkan terbentuknya jalur gempa bumi, rangkaian gunung api aktif serta patahan-patahan geologi yang merupakan zona rawan bencana gempa bumi di berbagai wilayah yaitu diantaranya Sumatera, Papua, Jawa dan Sulawesi.

Kegempaan di daerah Sumatera khususnya Sumatera bagian Barat sangat tinggi akibat pertemuan dua lempeng, yaitu Lempeng Samudra Indo-Australia yang bergerak dari arah barat daya dan menunjam ke dalam Lempeng Eurasia yang berada disebelah timur laut, sehingga ragam tektoniknya dipengaruhi oleh besarnya sudut interaksi serta konvergensi lempengan. Penunjaman yang relatif miring menyebabkan terbentuknya patahan aktif di Sumatera. Zona patahan Sumatera mempunyai potensi tinggi sebagai penyebab terjadinya gempa.

Penelitian tentang model kecepatan di daerah Jawa dan Sumatra telah dilakukan oleh beberapa ahli seismologi maupun Global CMT atau USGS. Beberapa riset tentang model kecepatan di daerah Sumatra dan Jawa telah dilakukan oleh para peneliti lain. Kanlakov *et al* telah melakukan riset tentang model kecepatan P dan S menggunakan tomografi gempa lokal di danau Toba dan Jawa Tengah dengan hasil model kecepatan P dan S sebagai fungsi kedalaman tanpa kerapatan medium dan faktor redaman gelombang P dan factor redaman gelombang S. Penelitian gempa diseluruh Indonesia juga pernah diteliti oleh Nanang T Puspito yang berjudul "Struktur Kecepatan Gelombang Gempa Dan Koreksi Stasiun Seismologi Di Indonesia", [1], penelitian tersebut menggunakan data regional. Santosa telah melakukan riset tentang model kecepatan P dan S melalui analisis seismogram gempa bumi yang terjadi di bidang subduksi Sumatra dan Jawa menggunakan data teleseismik, [2]. Yang hasilnya adalah model kecepatan P dan S sebagai fungsi kedalaman, kerapatan medium anisotropis, kualitas gelombang P dan S. Beberapa riset tentang model kecepatan di daerah Sumatra dan Jawa Tengah telah dilakukan oleh peneliti lain dengan judul

Estimasi CMT, Bidang Sesar dan Durasi Rupture Gempa Bumi di Sumatra serta Kemungkinan Penerapannya untuk Sistem Peringatan Dini Tsunami, [3].

Model kecepatan gelombang P 1-D, koreksi stasiun dan perbaikan hiposenter gempa bumi di Sumatera Selatan telah dilakukan oleh Isna Lailatul Asroh dengan menggunakan software Velest 3.3, [4]. Dalam penelitian ini akan dilahirkan inverse untuk menentukan model kecepatan 1-D di wilayah Sumatera Barat dengan metode inversi Algoritma Genetika. Metode inversi Algoritma Genetika ini telah diperkenalkan oleh Lopes dan Marcelo dengan penelitian yang berjudul *Genetic algorithm inversion of the average 1-D crustal structure using lokal and regional earthquakes*, [5]. Adapun judul penelitian yang akan dilakukan adalah "Penentuan model kecepatan lokal 1-D gelombang P dan S sebagai fungsi kedalaman di wilayah Sumatera Barat menggunakan metode inversi algoritma genetika."

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

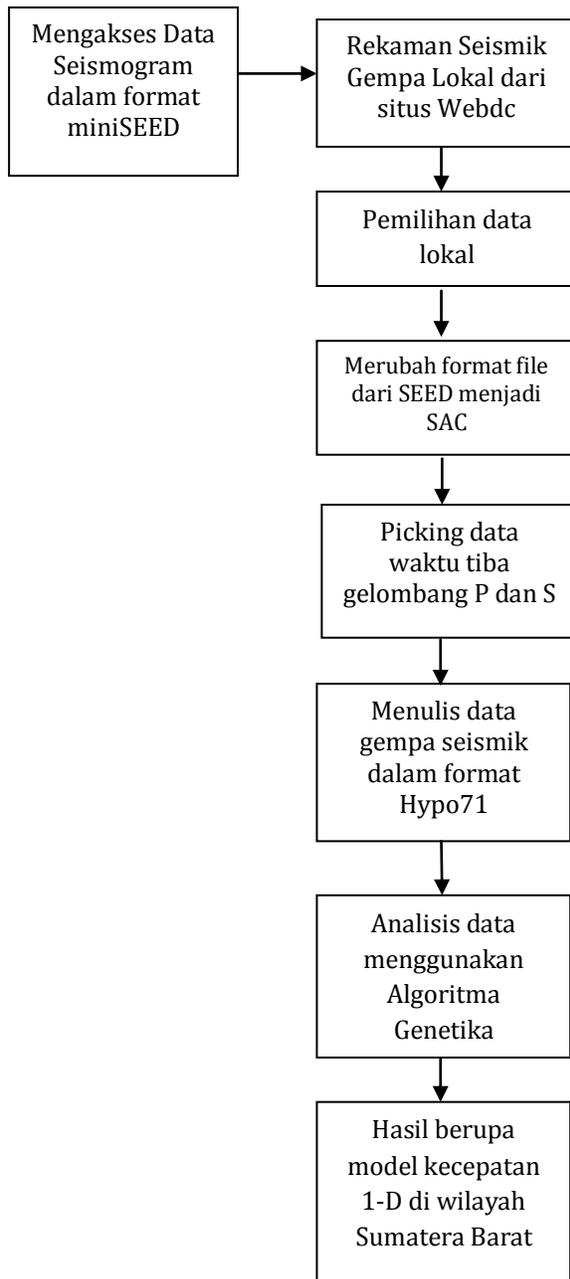
Jenis penelitian yang ini adalah jenis eksperimen laboratorium yang berbasis komputasi (inverse). Pada penelitian ini data diperoleh dari suatu observasi kemudian diekstrak ke dalam parameter fisis dengan menggunakan model matematika yang setelah itu dianalisis di laboratorium komputasi. Penelitian ini menggunakan data dari katalog webDc (<http://www.webDc.eu/arclink/query?sesskey=e18d507e>) pada tanggal 1 Desember 2006 sampai dengan 31 Desember 2010. Dengan batas wilayah 1,20 °LS – 3,50°LS dan 98,10°BT – 102,10°BT. Banyak data yang terekam adalah 30 event yang direkam oleh 12 stasiun seismik yang berada di Sumatera Barat dengan jarak

antara tempat kejadian gempa dengan stasiun tidak melebihi 800 km.

B. Software Penelitian

Pada pengerjaan penelitian ini ada beberapa software yang digunakan. Software utama yang digunakan adalah HypoGA dengan menggunakan Linux. Software HypoGA ini pertama kali diperkenalkan oleh Lopes dan Marcelo pada tahun 2011. Program HypoGA digunakan untuk menentukan model kecepatan gelombang seismik yang menerapkan metode Algoritma Genetika. Metode algoritma merupakan suatu metode yang menerapkan ilmu biologi di dalamnya yaitu hukum evolusi alam yang mana untuk menghasilkan suatu model yang terbaik melalui beberapa tahapan diantaranya reproduksi, seleksi dan mutasi. Software selanjutnya adalah Win32openssl1.0.1 untuk membaca data dari katalog *webDc* yang berbentuk *mseed.openssl* yang kemudian diproses dalam DOS menggunakan perintah khusus sehingga diperoleh hasil dalam bentuk file yang siap diolah lagi ke bentuk SAC dengan menggunakan software *mseed2sac-1.7*. Setelah itu data dalam bentuk SAC akan di picking dengan menggunakan Software *Seisgram2K V6.0.0x02(BETA)*. Pada picking data ini akan diperoleh data waktu tiba Gelombang P dan Gelombang S serta data stasiun yang merekam gempa tersebut. Setelah itu digunakan software Konversi Derajat untuk merubah nilai Longitude dan Latitude dari stasiun yang merekam gempa yaitu dari bentuk derajat ke desimal. Hal ini dilakukan karena inputan pada Software HypoGA menggunakan format desimal bukan derajat.

C. Rancangan Penelitian



Rancangan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan hasil dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian gempa bumi yang terjadi di Sumatera Barat dengan menggunakan metode inversi algoritma genetika dalam program HypoGA. Hasil dari penelitian ini berupa kecepatan dan kedalaman pada masing-masing lapisan *Conrad* dan *Moho* di wilayah Sumatera Barat yang merupakan model kecepatan gelombang seismik lokal 1-D.

A. Model Kecepatan Gelombang P 1-D

Data yang dihasilkan dari proses running HypoGA gelombang P adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Running HypoGA Gelombang P

No	V ₁	V ₂	V ₃	Z ₁	Z _c	V _p /V _s	rms
1	6,500	6,940	8,200	22,500	40,900	1,730	0,001
2	6,100	6,970	8,100	24,500	45,100	1,800	0,001
3	5,800	6,580	8,440	25,000	48,600	1,760	0,001
4	5,800	7,210	8,260	15,500	45,800	1,680	0,001
5	6,350	6,580	8,080	20,500	46,500	1,760	0,001
6	6,150	6,580	8,060	17,000	50,000	1,650	0,001
7	6,350	7,000	7,900	16,000	39,500	1,720	0,001
8	5,950	6,850	8,160	20,000	47,900	1,710	0,001
9	5,750	7,450	8,460	17,000	50,000	1,760	0,001
10	6,450	7,210	8,340	18,500	36,000	1,750	0,001
Rata-rata	6,120	6,937	8,200	19,650	45,030	1,732	0,001

Keterangan :

V₁ : kecepatan gelombang P pada *Upper Crust* (km/jam)

V₂ : kecepatan gelombang P pada *Lower Crust* (km/jam)

V₃ : kecepatan gelombang P pada *Upper Mantle* (km/jam)

Z₁ : kedalaman pada *Upper Crust* (km/jam)

Z_c : kedalaman pada *Crust* (km/jam)

V_p/V_s: perbandingan antara kecepatan gelombang P dan S(km/s)

Dari paparan dalam bentuk tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa hasil dari running program HypoGA meliputi kecepatan gelombang P pada lapisan *Upper Crust*, kecepatan gelombang P pada lapisan *Lower Crust*, kecepatan gelombang P pada lapisan *Upper Mantle*, kedalaman pada lapisan *Upper Crust*, kedalaman pada lapisan *Crust*, perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan sekunder dan nilai rms atau ketelitian program HypoGA. Dapat dilihat nilai dari kecepatan gelombang P pada lapisan *Upper Crust* sebesar $(6,120 \pm 0,285)$ km/s, kecepatan gelombang P pada lapisan *Lower Crust* sebesar $(6,937 \pm 0,299)$ km/s, kecepatan gelombang P pada lapisan *Upper Mantle* sebesar $(8,200 \pm 0,178)$ km/s. Adapun nilai dari kedalaman pada lapisan *Upper Crust* sebesar $(19,650 \pm 3,448)$ km dan pada lapisan *Crust* sebesar $(45,030 \pm 4,741)$ km. Sedangkan nilai perbandingan gelombang primer dan

sekunder sebesar $(1,732 \pm 0,017)$ km/s dan nilai rmsnya sebesar 0,001. Nilai-nilai ini diperoleh dari rata-rata hasil running yang diulang sebanyak 10x dari setiap aspek dan standart deviasinya.

Sesuai dengan data yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil running gelombang P dari program HypoGA ini mempunyai nilai-nilai yang mendekati stabil dari running yang pertama sampai terakhir. Meskipun ada beberapa data yang melebihi batas maximum atau minimumnya, namun selisihnya tidak terlalu jauh jadi data bisa dikatakan cukup stabil. Hal ini dikarenakan masih kurangnya ketelitian dalam picking data gempa untuk mendapatkan waktu tiba gelombang P. Selain itu kurang banyaknya proses pengulangan pada program Hypo yaitu hanya 10x, mungkin jika dilakukan 20 atau 30x akan diperoleh hasil yang lebih baik. Namun perlu diketahui bahwa nilai

rms yang didapatkan dari pengulangan pertama sampai terakhir nilainya sama dan sangat kecil yaitu 0,001 sehingga data hasil program HypoGA gelombang P yang didapatkan ini mempunyai tingkat ketelitian yang cukup besar.

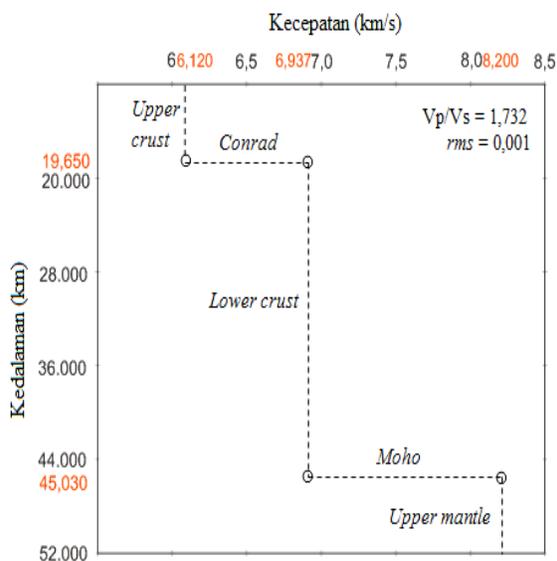
Dari hasil running tersebut kemudian dimodelkan dalam bentuk

grafik sehingga terlihat jelas lapisannya serta kedalaman dan kecepatannya. Model kecepatan lokal gelombang P 1-D tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Model kecepatan lokal gelombang P 1-D Wilayah Sumatera Barat

Lapisan	Kedalaman (km)	Kecepatan (km/s)
Upper crust	0,000-19,650	(6,120 ± 0,285)
Lower crust	19,650-45,030	(6,937 ± 0,299)
Upper mantle	>45,030	(8,200 ± 0,178)

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh kecepatan dan kedalaman gelombang P pada masing-masing lapisan yaitu lapisan *upper crust*, *lower crust*, dan *upper mantle*. Dan pada lapisan-lapisan ini terdapat batas Conrad dan Moho. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik 1.



Grafik 1 Model kecepatan Gelombang P 1-D

Model kecepatan diatas adalah model kecepatan untuk gelombang P 1-D di wilayah Sumatera Barat pada kerak bumi dan sebagian dari mantel atas bumi yang terletak pada kedalaman 0 km sampai 45,030 km. Dari gambar grafik 1 diatas kita bisa lihat secara jelas model dari kecepatan dan kedalaman gelombang P pada masing-masing lapisan yaitu *upper crust*, *lower crust* dan *upper mantle*. Selain itu juga dapat melihat model kecepatan gelombang P pada batas Conrad dan Moho. Kedalaman dan kecepatan pada batas conrad secara berturut-turut yaitu pada kedalaman 19,650 km mempunyai kecepatan mulai dari (6,120 ± 0,285) km/s sampai dengan (6,937 ± 0,299) km/s . Sedangkan pada batas moho mempunyai kecepatan mulai dari (6,937 ± 0,299) km/s sampai dengan (8,200 ± 0,178) km/s pada kedalaman 45,030 km. Kemudian perbandingan antara kecepatan gelombang P dan S adalah (1,732 ± 0,017)km/s dan rms yang didapatkan sebesar 0,001. Nilai rms ini menunjukkan bahwa model kecepatan

gelombang P 1-D yang didapatkan mempunyai tingkat ketelitian tinggi, atau hasil yang didapatkan sudah optimum. Karena semakin minimum nilai rms yang didapatkan maka semakin optimum hasil yang didapatkan.

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa pada tiap lapisan mempunyai kecepatan gelombang P yang berbeda-beda. Semakin ke dalam kecepatan gelombang juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin ke dalam kerapatannya juga semakin besar sehingga kecepatannya besar. Sehingga

secara otomatis terlihat bahwa tiap lapisan mempunyai jenis material yang berbeda-beda. Nilai rms yang didapatkan juga lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

A. Model Kecepatan Gelombang S 1-D

Selain model kecepatan gelombang P, hypoGA juga menghasilkan model kecepatan gelombang S. Hasil dari model kecepatan gelombang S adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Running HypoGA Gelombang S

No	V ₁	V ₂	V ₃	Z ₁	Z ₂	V _p /V _s	rms
1	3,757	4,012	4,740	22,500	40,900	1,730	0,001
2	3,389	3,872	4,500	24,500	45,100	1,800	0,001
3	3,295	3,739	4,795	25,000	48,600	1,760	0,001
4	3,452	4,292	4,917	15,500	45,800	1,680	0,001
5	3,608	3,739	4,591	20,500	46,500	1,760	0,001
6	3,727	3,988	4,885	17,000	50,000	1,650	0,001
7	3,692	4,070	4,593	16,000	39,500	1,720	0,001
8	3,480	4,006	4,772	20,000	47,900	1,710	0,001
9	3,267	4,233	4,807	17,000	50,000	1,760	0,001
10	3,686	4,120	4,766	18,500	36,000	1,750	0,001
Rata-rata	3,535	4,007	4,737	19,650	45,030	1,732	0,001

Keterangan :

V₁ : kecepatan gelombang S pada *Upper Crust* (km/jam)

V₂ : kecepatan gelombang S pada *Lower Crust* (km/jam)

V₃ : kecepatan gelombang S pada *Upper Mantle* (km/jam)

Z₁ : kedalaman pada *Upper Crust* (km/jam)

Z_c : kedalaman pada *Crust* (km/jam)

V_p/V_s: perbandingan antara kecepatan gelombang P dan S(km/s)

Dari paparan dalam bentuk tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa hasil dari running program HypoGA pada gelombang Sekunder meliputi kecepatan gelombang

S pada lapisan *Upper Crust*, kecepatan gelombang S pada lapisan *Lower Crust*, kecepatan gelombang S pada lapisan *Upper Mantle*, kedalaman pada lapisan

Upper Crust, kedalaman pada lapisan *Crust*, perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan sekunder dan nilai rms atau ketelitian program HypoGA. Dapat dilihat nilai dari kecepatan gelombang S pada lapisan *Upper Crust* sebesar $(3,535 \pm 0,182)$ km/s, kecepatan gelombang S pada lapisan *Lower Crust* sebesar $(4,007 \pm 0,186)$ km/s, kecepatan gelombang S pada lapisan *Upper Mantle* sebesar $(4,737 \pm 0,135)$ km/s. Adapun nilai dari kedalaman pada lapisan *Upper Crust* sebesar $(19,650 \pm 3,448)$ km dan pada lapisan *Crust* sebesar $(45,030 \pm 4,741)$ km. Sedangkan nilai perbandingan gelombang primer dan sekunder sebesar $(1,732 \pm 0,017)$ km/s dan nilai rmsnya sebesar 0,001. Nilai-nilai ini diperoleh dari rata-rata hasil running program HypoGA yang diulang sebanyak 10x dari setiap aspek dan standart deviasinya.

Sesuai dengan data yang ditunjukkan oleh Tabel 3 dapat dilihat bahwa hasil running gelombang S dari program HypoGA ini mempunyai nilai-nilai yang mendekati stabil dari running yang

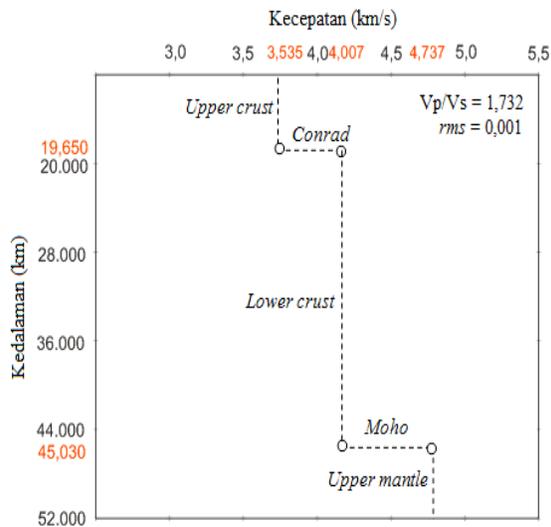
pertama sampai terakhir. Meskipun ada beberapa data yang melebihi batas maximum atau minimumnya, namun selisihnya tidak terlalu jauh, jadi data bisa dikatakan cukup stabil. Hal ini dikarenakan masih kurangnya ketelitian dalam picking data gempa untuk mendapatkan waktu tiba gelombang S. Selain itu kurang banyaknya proses pengulangan pada program Hypo yaitu hanya 10x, mungkin jika dilakukan 20 atau 30x akan diperoleh hasil yang lebih baik. Namun perlu diketahui bahwa nilai rms yang didapatkan dari pengulangan pertama sampai terakhir yaitu pengulangan ke-10 nilainya sama dan sangat kecil yaitu 0,001 sehingga data hasil program HypoGA gelombang P yang didapatkan ini mempunyai tingkat ketelitian yang cukup besar.

Sama halnya dengan gelombang P, dari hasil running tersebut kita modelkan kedalaman dan kecepatan dalam bentuk grafik, yang terlebih dulu ditulis dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4 Model kecepatan lokal gelombang S 1-D wilayah Sumatera Barat

Lapisan	Kedalaman (km)	Kecepatan (km/s)
Upper crust	0,000-19,650	$(3,535 \pm 0,182)$
Lower crust	19,650-45,030	$(4,007 \pm 0,186)$
Upper mantle	>45,030	$(4,737 \pm 0,135)$

Berdasarkan Tabel 4 diperoleh kecepatan dan kedalaman gelombang P pada masing-masing lapisan yaitu lapisan *upper crust*, *lower crust*, dan *upper mantle*. Dan pada lapisan ini terdapat batas Conrad dan Moho. Untuk lebih jelasnya akan ditunjukkan seperti gambar dibawah ini:



Grafik 2 Model kecepatan Gelombang S 1-D

Model kecepatan diatas adalah model kecepatan untuk gelombang S 1-D di wilayah Sumatera Barat pada kerak bumi dan sebagian dari mantel atas bumi yang terletak pada kedalaman 0 km sampai 45,030 km. Dari gambar grafik 2 diatas kita bisa lihat secara jelas model dari kecepatan dan kedalaman gelombang S pada masing-masing lapisan yaitu *upper crust*, *lower crust* dan *upper mantle*. Selain itu juga dapat melihat model kecepatan gelombang S pada batas Conrad dan Moho. Kedalaman dan kecepatan pada batas conrad secara berturut-turut yaitu pada kedalaman 19,650 km mempunyai kecepatan mulai dari $(3,535 \pm 0,182)$ km/s sampai dengan $(4,007 \pm 0,186)$ km/s . Sedangkan pada batas moho mempunyai kecepatan mulai dari $(4,007 \pm 0,186)$ km/s sampai dengan $(4,737 \pm 0,135)$ km/s pada kedalaman 45,030 km. Kemudian perbandingan antara kecepatan gelombang P dan S adalah $(1,732 \pm 0,017)$ km/s dan rms yang didapatkan sebesar 0,001. Nilai rms ini menunjukkan bahwa model kecepatan gelombang P 1-D yang didapatkan mempunyai tingkat ketelitian tinggi, atau

hasil yang didapatkan sudah optimum. Karena semakin minimum nilai rms yang didapatkan maka semakin optimum hasil yang didapatkan.

Berdasarkan grafik 2 menunjukkan bahwa pada tiap lapisan mempunyai kecepatan gelombang S yang berbeda-beda. Semakin ke dalam kecepatan gelombang juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin ke dalam kerapatannya juga semakin besar sehingga kecepatannya besar. Sehingga secara otomatis terlihat bahwa tiap lapisan mempunyai jenis material yang berbeda-beda. Nilai rms yang didapatkan juga lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya.

Disini dapat dilihat bahwa model kecepatan gelombang P berbeda dengan model kecepatan gelombang S (Tabel 2 dan Tabel 4). Kedua model tersebut, pada kedalaman yang sama mempunyai kecepatan yang berbeda. Namun kalau dilihat dari polanya, kedua model tersebut sama yaitu sama-sama menghasilkan 3 lapisan yaitu permukaan, *Conrad* dan *moho*. Hal ini sudah sesuai dengan teori bahwa gelombang P mempunyai kecepatan paling tinggi diantara gelombang yang lain salah satunya gelombang S, dalam hal perambatan tapi merambat pada medium yang sama, [6]. Hasil dari penelitian ini sudah sesuai dengan pernyataan tersebut yaitu diperoleh hasil gelombang S mempunyai kecepatan menjalar kurang dari kecepatan gelombang P pada medium yang sama (Grafik 1 dan 2).

VI. PENUTUP

A. SIMPULAN

1. Model kecepatan lokal gelombang seismik 1-D di wilayah Sumatera Barat menggunakan metode inversi algoritma genetika, menghasilkan

model kecepatan lokal 1-D gelombang P dan S. Kedua model tersebut mempunyai pola yang berbeda namun masing-masing model terdiri dari lapisan yang sama. Lapisan tersebut adalah permukaan, *upper crust*, *lower crust* dan *upper mantle*. Lapisan *upper crust* dan *lower crust* dibatasi oleh batas *Conrad*, sedangkan antara *lower crust* dengan *upper mantle* dibatasi oleh batas *Moho*.

2. Model kecepatan Gelombang P dan S pada masing-masing lapisan *upper crust*, *lower crust* dan *upper mantle* mempunyai nilai yang berbeda. Model kecepatan gelombang P pada lapisan *upper crust*, *lower crust* dan *upper mantle* secara berturut-turut sebesar $(6,120 \pm 0,285)$ km/s, $(6,937 \pm 0,299)$ km/s, dan $(8,200 \pm 0,178)$ km/s. Sedangkan model kecepatan gelombang S pada lapisan *upper crust*, *lower crust* dan *upper mantle* secara berturut-turut sebesar $(3,535 \pm 0,182)$ km/s, $(4,007 \pm 0,186)$ km/s, dan $(4,737 \pm 0,135)$ km/s. Adapun nilai perbandingan gelombang P dan S sebesar $(1,732 \pm 0,017)$ km/s, dengan rms sebesar 0,001.
3. Model kecepatan lokal gelombang P dan S mempunyai kedalaman yang sama yaitu pada batas *Conrad* dan *Moho* yang besarnya secara berturut-turut adalah 0,000 km – 19,650 km dan 19,650 km – 45,030 km. Sedangkan besar dari kecepatan ke dua model gelombang P dan S juga berbeda. Model kecepatan gelombang P, pada lapisan *Conrad* mempunyai kecepatan mulai dari $(6,120 \pm 0,285)$ km/s sampai dengan $(6,937 \pm 0,299)$ km/s, sedangkan pada lapisan *moho* mulai dari $(6,937 \pm 0,299)$ km/s sampai dengan $(8,200 \pm 0,178)$ km/s. Kemudian model kecepatan gelombang S, lapisan *Conrad* mempunyai kecepatan mulai dari $(3,535 \pm 0,182)$

km/s sampai dengan $(4,007 \pm 0,186)$ km/s, sedangkan pada lapisan *moho* mempunyai kecepatan mulai dari $(4,007 \pm 0,186)$ km/s sampai dengan $(4,737 \pm 0,135)$ km/s.

Hasil dari penelitian Model kecepatan gelombang P dan S ini sudah sesuai dengan teori yang ada yaitu bahwa gelombang P mempunyai kecepatan paling tinggi diantara gelombang yang lain salah satunya gelombang S, dalam hal perambatan tapi merambat pada medium yang sama.

B. SARAN

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya model kecepatan gelombang P dan S dapat dikerjakan secara 2 Dimensi maupun 3 Dimensi.
2. Dapat dilakukan penelitian dengan metode dan software yang berbeda dengan nilai rms yang lebih teliti lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puspito, Nanang.T. 1996. *Struktur Kecepatan Gelombang Gempa dan Koreksi Stasiun Seismologi di Indonesia*. Bandung: ITB (Online, diakses tanggal 4 Oktober 2011.)
- [2] Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB.
- [3] Madlazim. 2011. *Estimasi CMT, Bidang Sesar dan Durasi Rupture Gempa Bumi di Sumatra serta Kemungkinan Penerapannya untuk Sistem Peringatan Dini Tsunami*. Surabaya: ITS.
- [4] Lailatul, Isna. 2011. *Analisis Model Kecepatan Gelombang P 1-D, Koreksi Stasiun dan Perbaikan Hiposenter Gempa Bumi Di Sumatera Bagian Selatan (Skripsi Yang Tidak Dipublikasikan)*. Surabaya: UNESA.
- [5] Lopes, Afonso.E.de Vasconcelos. 2010. *Genetic Algorithm Inversion of the Average 1D Crustal Structure*

Using Local and Regional Earthquakes.
Brazil : IAG-USP.

- [6] Rozaq, Aunur. 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.