ESTIMASI MODEL KECEPATAN LOKAL GELOMBANG P DAN S 1-D DI WILAYAH PAPUA BARAT MENGGUNAKAN METODE INVERSI ALGORITMA GENETIKA

Devi Purwatiningsih
Pembimbing:
Dr. Madlazim M.si
Jurusan Fisika, Universitas Negeri Surabaya

Abstract. Had been done research, entitled "Estimation of Local Speed Model P and S wave 1-D in the Region of West Papua Inversion Method Using Genetic Algorithm" which aims to estimate the local velocity models of P and S waves in the region of West Papua and estimate velocity and depth at each each layer Conrad and Moho in the region of West Papua so that it can be used for earthquake disaster mitigation. On this research method of data taken from the catalog WebDC start date January 1, 2008 until December 31, 2011 by-border-0.030LS 2.350LS and 129.70BT-134.30BT and recorded data there are 30 event. The data recorded by 10 seismic station is Faki, TRAY, SWI, KMPI, RKPI, MWPI, AAI, BNDI, MSAI, and SRPI. Furthermore, the data in picking first use the software to search Seisgram2K60_20111209 P wave arrival time and S wave arrival time later in the analysis using the software by entering the name of the station HypoGA, P wave arrival time, S wave arrival time, latitude and longitude. From the data obtained in the lining of the Conrad has a P wave velocity of (6.145 ± 0.272) km / s and S wave velocity of (3.545 ± 0.192) km / s at a depth of 0.000 km to 17.400 km depth, whereas the Moho layer has a P wave velocity of (7.024 ± 0.295) km / s and S wave velocity of (4.053 ± 0.243) km / s at a depth of 17.400 km to 38.100 km depth. Comparison between the speed of primary waves and secondary waves of (1.735 ± 0.050) km / s. The resulting wave velocity model has a smaller rms value is equal to 0.001 then the velocity model obtained from this study have a considerable degree of accuracy. From the resulting data shows that more and more into every layer of the greater speed because the density is also large.

Keywords: primary and secondary velocity model, Conrad and Moho

Abstrak. Telah di lakukan penelitian yang berjudul "Estimasi Model Kecepatan Lokal Gelombang P dan S 1-D di Wilayah Papua Barat Menggunakan Metode Inversi Algoritma Genetika" yang bertujuan untuk mengestimasi model kecepatan lokal gelombang P dan S di wilayah Papua Barat dan mengestimasi kecepatan dan kedalaman pada masing-masing lapisan *Conrad* dan *Moho* di wilayah Papua Barat sehingga dapat digunakan sebagai mitigasi bencana gempa bumi. Pada metode penelitian ini data di ambil dari catalog WebDC mulai tangal 1 Januari 2008 sampai tanggal 31 Desember 2011 dengan batas wilayah -2.35^{0}LS-0.03^{0}LS dan 129.7^{0}BT-134.3^{0}BT serta data yang terekam ada 30 event. Data tersebut direkam oleh 10 statiun seismik yaitu FAKI, BAKI, SWI, KMPI, RKPI, MWPI, AAI, BNDI, MSAI, dan SRPI. Selanjutnya data di *picking* terlebih dahulu menggunakan software Seisgram2K60_20111209 untuk mencari waktu tiba gelombang P dan waktu tiba gelombang S kemudian di analisis menggunakan software HypoGA dengan memasukkan nama statiun, waktu tiba gelombang P, waktu tiba gelombang S, latitude dan longitude. Dari data diperoleh hasil pada lapisan *Conrad* mempunyai kecepatan gelombang P sebesar (6,145±0,272) km/s dan kecepatan gelombang S sebesar (3,545±0,192) km/s pada kedalaman 0,000km sampai kedalaman 17,400km, sedangkan pada lapisan *Moho* mempunyai kecepatan gelomabang P sebesar (7,024±0,295) km/s dan kecepatan gelombang S sebesar (4,053±0,243) km/s pada kedalaman 17,400km sampai kedalaman 38,100km. Perbandingan kecepatan antara gelombang primer dan gelombang sekunder sebesar (1,735±0,050) km/s. Model kecepatan gelombang yang dihasilkan mempunyai nilai *rms* yang kecil yaitu sebesar 0,001 maka model kecepatan yang didapatkan dari penelitian ini mempunyai taraf ketelitian yang cukup besar. Dari data yang dihasilkan terlihat bahwa tiap lapisan semakin kedalam kecepatan semakin besar karena kerapatan juga besar.

Kata Kunci: Model kecepatan primer dan sekunder, *Conrad* dan *Moho*

I. PENDAHULUAN

Bumi tersusun atas tiga bagian lapisan. Lapisan bumi yang paling luar disebut sebagai kulit bumi (*crust*) dan lapisan bumi yang terdalam disebut inti bumi (*core*). Diantara lapisan kulit bumi (c*rust*) dan lapisan Inti bumi (*core*) disebut lapisan selubung bumi (*mante*l). Lapisan selubung bumi terdiri atas lapisan selubung bumi bagian atas, lapisan selubung bumi bagian tengah (zona transisi) dan lapisan selubung bumi bagian bawah, dimana lapisan ini di perdebatkan sebagai faktor yang paling penting dalam memahami terjadinya gempa-gempa besar. Litosfer adalah bagian yang tersusun atas kulit bumi dan 100 km ketebalan lapisan selubung bumi teratas. Benua-Benua dan laut-laut semuanya terletak diatas litosfer.

Ditinjau secara geologis, Kepulauan Indonesia berada pada pertemuan dua jalur gempa utama, yaitu jalur gempa Sirkum Pasifik dan jalur gempa Alpide Trasastiatic. Indonesia terletak pada jalur pusat gempa bumi terletak diantara dua samudra,dua benua dan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Hal ini menyebabkan beberapa daerah di indonesia sering terjadi gempa bumi dengan intensitas dan kekuatan gempa mulai dari skala terkecil sampai skala terbesar, terutama di pulau Sumatra, Jawa , Sulawesi dan Papua.

Sebelumnya pernah dilakukan penelitian gempa diseluruh Indonesia yang berjudul ”Struktur Kecepatan Gelombang Gempa Dan Koreksi Statiun Seismologi Di Indonesia”, (1). Penelitian tersebut menggunakan data regional. Sedangkan penelitian tentang model kecepatan di daerah Jawa dan Sumatra telah dilakukan beberapa ahli seismologi maupun Global CMT atau USGS. Beberapa riset tentang model kecepatan di daerah Sumatra dan Jawa Tengah dengan judul Estimasi CMT bidang sesar dan durasi rupture gempa bumi di Sumatra serta kemungkinan penerapannya untuk sistem peringatan dini tsunami, (2). Model kecepatan lokal di Papua telah dilakukan dengan menggunakan 11 statiun seismik yang terletak di sekitar Papua. Namun penelitian ini hanya menggunkan nilai dari gelombang primer (3). Adapun Metode algoritma genetika 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*,(4).

Wilayah Papua Barat dilalui oleh zona subduksi atau daerah penunjaman gempa, yakni tempat bertemunya dua lempeng yaitu lempeng indo australia dan lempeng pasifik (5). Wilayah ini termasuk dalam klarifikasi sangat aktif tingkat kegempaannya. Akibat zona subduksi ini wilayah Papua Barat sering dilanda gempa serta terjadi lipatan (pegunungan). Pada wilayah Papua Barat terdapat banyak pegunungan yang tersebar diantaranya Pegunungan Arfak, Pegunungan Tamrauw, Pegunungan Kumawa, Pegunungan Fakfak dan Pegunungan Wondiboi. Wilayah Papua Barat memiliki luas sekitar 115.363,50 km^2 . Wilayah Papua Barat terdiri dari 9 kabupaten yaitu kabupaten Fak-Fak, Kaimana, Teluk Wodana, Teluk Batuni, Sorong Selatan, Sorong, kota Sorong, Raja ampat dan Manokwari. Adapun batas wilayah Papua Barat Sebelah Utara wilayah Papua Barat adalah Samudera Pasifik, batas sebelah selatan Laut Banda Provinsi Maluku, sebelah barat Laut Seram Provinsi Maluku dan batas sebelah timur Provinsi Papua. Wilayah Papua barat sebagai bagian dari pulau

Papua terletak di Selatan garis khatulistiwa yang dipengaruhi dengan iklim tropis sepanjang tahun. Berdasarkan data Topografi dan Kemiringan Lahan, lebih dari 50% lahan diwilayah Papua Barat memiki prosentase kemiringan lahan lebih dari 40% ataudikategorikan sangat curam. Dari total luas lahan, hanya 2.524.944 Ha yang potensial dikembangkan sebagai areal permukiman.

Gempa sering terjadi diwilayah Papua Barat terutama di kabupaten Sorong, Manokwari, Kaimana dan Fak-Fak. Pada awal 2009 gempa terjadi di Manokwari dikarenakan pertemuan lempeng tektonik, lokasi gempa sekitar 135 km Barat Laut Manokwari, dengan kedalaman 10 km. Menurut Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) diperkirakan kekuatannya 7,2 SR. Gempa ini menimbulkan gempa susulan sebesar 6,1 SR, berada sekitar 129 km barat laut Manokwari, dengan kedalaman 10 km. Pada tenggal 30 September 2010 di Kaimana terjadi gempa sebesar 7,2 SR, dengan kedalaman 12.3 km. Pada tanggal 24 November 2011 gempa terjadi di Sorong sebesar 5,1 SR, dengan kedalaman 10 kilometer, Gempa ini berada di 94 kilometer timurlaut Sorong. Gempa-Gempa ini terjadi karena aktivitas lempeng tektonik, menurut Ketua Divisi Tektonik Ikatan Ahli Geologi Indonesia aktivitas lempeng pasifik perlu diwaspadai karena bisa menimbulkan gempa dengan kekuatan yang besar.

Sebagaimana yang diketahui gempa bumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Adapun parameter terjadinya gempa bumi antara lain: waktu terjadinya gempa bumi (*Origin time*), lokasi pusat gempa (Episenter), Kedalaman pusat gempa (*Depth*), Kekuatan Gempa bumi (*Magnitudo*), Intensitas gempa bumi,dan hiposentrum (6). Pada saat terjadi gempa dari sumber gempa dihasilkan gelombang yang disebut gelombang seismik. Gelombang seismik dibagi menjadi dua hal, yaitu gelombang yang merambat di dalam badan bumi yang disebut *body wave* dan gelombang yang merambat dipermukaan bumi atau *surface wave.* Gelombang badan (*body wave*) merupakan gelombang yang menjalar di dalam bumi yang arah penjalarannya ke segala arah sehingga disebut *free wave*. Gelombang badan ini terdiri atas gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S). Oleh karena kejadian gempa bumi tidak dapat dicegah, maka usaha yang dapat dilakukan hanyalah sebatas mengevakuasi penduduk yang berada di lokasi terjadinya gempa. Dari Masalah tersebut maka diperlukan tentang informasi gempa bumi.

Pada penelitian ini akan dianalisis data *waktu tiba gelombang P dan S* pada stasiun seismic lokal dengan menggunakan metode inverse Algoritma Genetic (AG) untuk menentukan model kecepatan 1D di wilayah Papua Barat.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang kami lakukan adalah jenis eksperimen laboratorium yang berbasis komputasi (inversi), dimana data dari Webdc yang diakses melalui alamat http://www.webDc.eu/arclink/query?seskey=e18d507e kemudian dianalisis di laboratorium komputasi, dengan judul penelitian "Estimasi Model Kecepatan Lokal Gelombang P dan S 1-D Di Wilayah Papua Barat Menggunakan Metode Inversi Algoritma Genetika".

B. Software Penelitian

Software utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah HyphoGA-CG2010 dengan menggunakan program Linux. Program HypoGA digunakan untuk menentukakan model kecepatan gelombang seismik, dimana suatu program yang menerapkan metode Algoritma Genetika. Metode Algoritma Genetika adalah suatu metode yang menerapkan ilmu biologi yaitu hukum evolusi alam dimana untuk menghasilkan suatu model yang terbaik melaluiu beberapa tahapan antara lain reproduksi ,seleksi dan mutasi. HypoGA diperkenalkan oleh Lopes dan Marcelo pada tahun 2011. Adapun parameter yang digunakan pada program HypoGA yaitu nama station, lokasi station, waktu tiba gelombang primer dan waktu tiba gelombang sekunder. Software mseed2sac-1.7 digunakan untuk merubah data dalam bentuk SEED menjadi data dalam bentuk SAC. Sebelumnya data yang berupa mseed openssl di rupa dulu dalam bentuk file SEED dengan menggunakan password dari WebDC. Kemudian data dalam bentuk sac akan di *picking* dengan menggunakan software SeisGram2K60. *Picking* data menggunakan software SeisGram2K60 diperoleh waktu *origin* dan waktu tiba gelombang primer serta waktu tiba gelombang sekunder .

C. Rancangan Penelitian

Gambar 2.1 Rancangan Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data yang telah di peroleh dari penelitian gempa bumi di Papua Barat mengunakan metode inversi algoritma genetika dalam program HypoGA dapat disajikan hasil dan pembahasan. Hasil penelitian ini berupa kedalaman dan kecepatan pada masing-masing lapisan *Conrad* dan *Moho* serta model kecepatan lokal gelombang P dan S 1-D.

A. Model Kecepatan Gelombang P 1-D

Gelombang primer merupakan gelombang yang lebih awal tibanya dari pada gelombang yang lainnya termasuk gelombang sekunder. Data yang dihasilkan dari proses *running* HypoGA gelombang primer adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil Running HypoGA gelombang primer di wilayah Papua Barat

No	V_1	V_2	V_3	Z_1	Z_c	V_p/V_s	rms
1	6,100	7,150	8,340	23,500	41,600	1,690	0,001
2	5,800	7,390	8,340	23,000	38,100	1,740	0,001
3	6,000	7,120	8,280	20,000	33,900	1,740	0,001
4	6,400	7,180	8,380	13,500	43,000	1,780	0,001
5	5,800	7,270	8,180	19,000	33,900	1,670	0,001
6	6,350	6,670	8,500	15,000	37,400	1,800	0,001
7	6,050	6,760	8,380	16,000	38,800	1,780	0,001
8	6,500	6,790	8,460	12,500	39,500	1,660	0,001
9	6,500	7,330	8,360	22,000	29,000	1,710	0,001
10	5,950	6,580	8,100	9,500	45,800	1,780	0,001
Rata-rata	**6,145**	**7,024**	**8,332**	**17,400**	**38,100**	**1,735**	**0,001**

Keterangan :

V_1 : kecepatan gelombang P pada *Upper Crust* (km/s) sebesar (6,145±0,272) km/s

V_2 : kecepatan gelombang P pada *Lower Crust* (km/s) sebesar (7,024±0,295) km/s

V_3 : kecepatan gelombang P pada *Upper Mantle* (km/s) sebesar (8,332±0,120) km/s

Z_1 : kedalaman pada *Upper Crust* (km/s) sebesar (17,400±4,812) km

Z_c : kedalaman pada *Crust* (km/s) sebesar (38,100±4,906) km

Vp/Vs: Perbandingan antara kecepatan gelombang P dan S (km/s) sebesar (1,735±0,050) km/s

Setelah di lakukan running 10 kali maka di peroleh data kecepatan dan kedalaman pada masing-masing lapisan. Untuk hasil *running* program HypoGA pada gelombang primer meliputi kecepatan gelombang primer pada *upper crust* (V_1) sebesar (6,145±0,272) km/s, kecepatan gelombang primer pada *lower crust* (V_2) sebesar (7,024±0,295) km/s , kecepatan gelombang primer pada *upper mantle* (V_3) sebesar (8,332±0,120) km/s, kedalaman *upper crust* (Z_1) sebesar (17,400±4,812) km , kedalaman *crust* (Z_c) sebesar (38,100±4,906) km , dan perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan sekunder (V_p/V_s) sebesar (1,735±0,050) km/s, sedangkan besar nilai *rms* dari masing-masing lapisan secara berturut-turut sebesar 0,001. Dari hasil yang telah diperoleh dapat di cari nilai standard deviasinya.

Dari hasil *running* dari HypoGA gelombang primer, data yang di dapatkan mendekati stabil dari *running* yang pertama sampai terakhir, karena ada sebagian data yang melebihi batas nilai maximum atau minimumnya, namun besar selisih tersebut sangat kecil. Jadi data yang didapatkan bisa dikatakan stabil. Hal tersebut

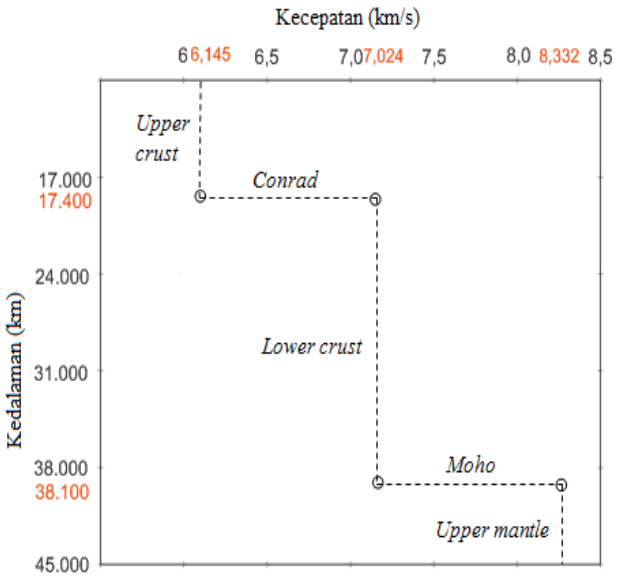
dikarenakan masih kurangnya ketelitian dalam *picking* data gempa untuk mendapatkan waktu tiba gelombang primer. Nilai rms yang didapatkan dari pengulangan pertama sampai terakhir nilainya sama dan sangat kecil sehingga data hasil program HypoGA gelombang P yang didapatkan ini mempunyai tingkat ketelitian yang besar.

Hasil *running* tersebut kemudian dimodelkan dalam bentuk grafik sehingga terlihat jelas kedalaman dan kecepatannya pada masing-masing lapisan. Model kecepatan lokal gelombang P 1-D tersebut ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.2 Model kecepatan lokal gelombang P 1-D Wilayah Papua Barat

Lapisan	**Kedalaman (km)**	**Kecepatan (km/s)**
Upper Crust	0-17,400	6,145±0,272
Lower Crust	17,400-38,100	7,024±0,295
Upper Mantle	>38,100	8,332±0,120

Dari tabel di atas dapat diperoleh kecepatan dan kedalaman gelombang P di wilayah Papua Barat pada masing-masing lapisan yaitu lapisan *upper crust, lower crust, dan upper mantle*. Pada lapisan *upper crust* dengan kedalaman 0,000 km sampai kedalaman 17,400 km kecepatannya sebesar (6,145±0,272) km/s , pada lapisan *lower crust* dengan kedalaman 17,400 km sampai kedalaman 38,100 km kecepatannya sebesar (7,024±0,295) km/s dan pada lapisan *upper mantle* dengan kedalaman diatas 38,100 kecepatannya (8,332±0,120)km/s.



Gambar 3.1. Grafik model kecepatan gelombang P 1-D diwilayah Papua Barat

Dari model kecepatan lokal gelombang primer 1-D di atas dapat diketahui kedalaman dan kecepatan pada masing-masing lapisan. Dari model kecepatan diatas dapat terlihat bahwa di antara lapisan *upper crust* dan lapisan *lower crust* terdapat lapisan *conrad* sedangkan diantara lapisan *lower crust* dan lapisan *upper mantle* terdapat lapisan *moho*. Model kecepatan untuk gelombang primer 1-D di wilayah Papua Barat pada kerak bumi dan sebagian dari mantel atas bumi yang terletak pada kedalaman 0 km sampai 38,100 km. Dari model kecepatan lokal gelombang primer di atas mengetahui kedalaman dan kecepatan dari masing-masing lapisan *conrad* dan *moho*. Pada lapisan *conrad* dengan kedalaman 0,000 km sampai kedalaman 17,400 km kecepatannya sebesar (6,145±0,272) km/s sedangkan pada lapisan *moho* dengan kedalaman 17,400 km sampai dengan kedalaman 38,100 kecepatannya sebesar (7,024±0,295) km/s dan perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan sekunder adalah (1,735 ± 0,050)km/s serta nilai *root mean square* (*rms)* yang didapatkan sebesar 0,001. Dari model kecepatan

lokal 1-D gelombang primer di atas menunjukkan bahwa pada tiap lapisan kecepatan dari gelombang primer berbeda-beda. Semakin ke dalam kecepatan gelombang primer juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin ke dalam kerapatannya juga semakin besar sehingga kecepatannya besar. Karena material penyusun bumi berbeda-beda. Nilai *rms* yang didapatkan dari *running* 10 kali pada program hypoGA sebesar 0,001. Hal ini menunjukkan bahwa model kecepatan gelombang primer 1-D yang didapatkan mempunyai tingkat ketelitian tinggi, atau hasil yang didapatkan sudah optimum. Berdasarkan penelitian lopes dan Marcello (2011) semakin minimum nilai rms yang didapatkan maka semakin optimum hasil yang didapatkan.

B. Model Kecepatan Gelombang S1-D

Setelah di dapatkan hasil dari *running* 10 kali dapat di ketahui nilai kecepatan dan kedalaman pada masing-masing lapisan. Dari kecepatan gelombang primer dan perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan gelombang sekunder dapat diketahui nilai kecepatan gelombang sekunder. Adapun hasil running gelombang sekunder seperti berikut:

Tabel 3.3 Hasil *running* HypoGA gelombang S di wilayah Papua Barat

No	V_1	V_2	V_3	Z_1	Z_c	V_p/V_s	rms
1	3,609	4,231	4,935	23,500	41,600	1,690	0,001
2	3,333	4,247	4,793	23,000	38,100	1,740	0,001
3	3,448	4,092	4,759	20,000	33,900	1,740	0,001
4	3,596	4,034	4,708	13,500	43,000	1,780	0,001
5	3,473	4,353	4,898	19,000	33,900	1,670	0,001
6	3,528	3,706	4,722	15,000	37,400	1,800	0,001
7	3,399	3,798	4,708	16,000	38,800	1,780	0,001
8	3,916	4,090	5,096	12,500	39,500	1,660	0,001
9	3,801	4,287	4,889	22,000	29,000	1,710	0,001
10	3,343	3,697	4,551	9,500	45,800	1,780	0,001
Rata-rata	**3,545**	**4,053**	**4,806**	**17,400**	**38,100**	**1,735**	**0,001**

Keterangan:

V_1:kecepatan gelombang S pada *Upper Crust* (km/s) sebesar (3,545±0,192)km/s

V_2:kecepatan gelombang S pada *Lower Crust* (km/s) sebesar (4,053±0,243)km/s

V_3:kecepatan gelombang S pada *Upper Mantle* (km/s) sebesar (4,806±0,153)km/s

Z_1:kedalaman pada *Upper Crust* (km) sebesar (17,400±4,812) km

Z_C:kedalaman pada *Crust* (km) sebesar (38,100±4,906) km

V_p/V_s:perbandingan antara kecepatan gelombang P dan S (km/s) sebesar (1,735±0,050) km/s

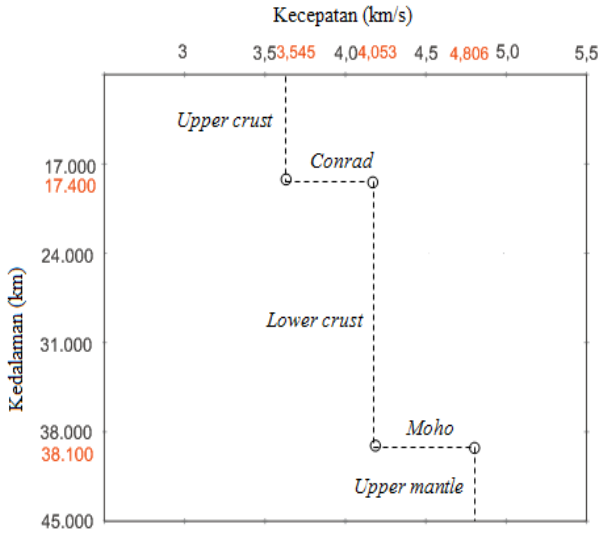
Setelah *running* 10 kali didapatkan nilai kecepatan dan kedalaman serta perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan sekunder juga nilai rms pada setiap running. Dari data yang di peroleh dapat dicari nilai kecepatan gelombang sekunder dari nilai kecepatan gelomabang primer dengan perbandingan antara kecepatan gelombang sekunder dan gelombang primer. Hasil yang di dapatkan dari *running* program HypoGA gelombang sekunder meliputi kecepatan gelombang sekunder pada *upper Crust*(V1) sebesar (3,545±0,192) km/s , kecepatan gelombang sekunder pada *lower crust* (V2) sebesar (4,053±0,243) km/s kecepatan gelombang sekunder pada *upper mantle* (V3) sebesar (4,806±0,153) km/s, kedalaman *upper crust* (Z1) sebesar (17,400±4,812) km, Kedalaman *crust* (Zc) sebesar (38,100±4,906) km, dan perbandingan antara kecepatan gelomang primer dan sekunder (Vp/Vs) sebesar (1,735±0,050) km/s, serta besar nilai *rms* pada masing-masing lapisan sebesar 0,001. Dari hasil *running* tersebut nilai standart deviasinya.

Seperti gelombang primer dari running data 10 kali dapat diketahui nilai kecepatan gelombang sekunder. Parameter yang didapatkan juga sama dengan gelombang primer yaitu kedalaman dan kecepatan pada lapisan *upper crust, lower crust, upper mantle,* dan perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan sekunder serta besar nilai *rms*. Namun dari hasil *running* gelombang primer dan gelombang sekunder berbeda karena nilai kecepatan berbeda pada lapisan yang sama. Gelombang sekunder mempunyai kecepatan yang lebih kecil dari gelombang primer dalam perambatannya dengan mediumnya sama. Hasil yang didapatkan dari running program HypoGA untuk gelombang sekunder juga mendekati stabil karena masih ada sebagian data yang melebihi batas maximum atau minimumnya namun besar selisih tersebut kecil dikarenakan oleh proses *picking* data gempa untuk mendapatkan nilai waktu tiba gelombang sekunder cukup sulit untuk mebedakan gelombangnya . Letak gelombang sekunder setelah gelombang primer dan sebelum gelombang permukaan. Nilai *root mean square* (*rms)* yang didapatkan juga sama yaitu dari pertama running sampai terakhir nilai sebesar 0,001. Dari hasil *running* tersebut dapat di modelkan seperti kecepan gelombang primer. Adapun model kecepatan dan kedalaman pada gelombang sekunder, seperti berikut:

Tabel 3.4 Model kecepatan lokal gelombang S 1-D wiliyah Papua Barat

Lapisan	**Kedalaman (km)**	**Kecepatan (km/s)**
Upper Crust	0-17,400	3,545±0,192
Lower Crust	17,400-38,100	4,053±0,243
Upper Mantle	>38,100	4,806±0,153

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai kecepatan dan kedalaman gelombang sekunder di wilayah Papua Barat. Pada lapisan *upper crust* dengan kedalaman 0,000 km sampai kedalaman 17,400 km mempunyai kecepatan sebesar (3,545±0,192) km/s, pada lapisan *lower crust* dengan kedalaman 17,400 km sampai dengan kedalaman 38,100 km mempunyai kecepatan sebesar (4,053±0,243) km/s dan pada lapisan *upper mantle* dengan kedalaman diatas 38,100 km mempunyai kecepatan sebesar (4,806±0,153) km/s.



Gambar 3.2 Grafik model kecepatan gelombang S1-D diwilayah Papua Barat

Seperti model kecepatan gelombang primer model kecepatan sekunder di wilayah Papua Barat juga dapat diketahui kedalaman dan kecepatan pada masing-masing lapisan. Dari model kecepatan diatas dapat terlihat bahwa di antara lapisan *upper crust* dan lapisan *lower crust* terdapat lapisan *conrad* sedangkan diantara lapisan *lower crust* dan lapisan *upper mantle* terdapat lapisan *moho.* Model kecepatan untuk gelombang sekunder 1-D di wilayah Papua Barat pada kerak bumi dan sebagian dari mantle atas bumi yang terletak pada kedalaman 0 km sampai 38,100 km. Pada lapisan conrad dengan kedalaman 0,000 km sampai kedalaman 17,400 km mempunyai kecepatan sebesar (3,545±0,192) km/s, sedangkan pada lapisan moho dengan kedalaman 17,400 km sampai 38,100 km mempunyai kecepatan (4,053±0,243) km/s dan perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan gelombang sekunder (Vp/Vs) sebesar (1,735±0,050) km/s dan nilai *root mean square (rms)* yang didapatkan sebesar 0,001. Dari model kecepatan lokal 1-D gelombang sekunder terlihat bahwa Kecepatan gelombang sekunder pada tiap lapisan berbeda-beda. Semakin kedalam kecepatan gelombang semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin ke dalam kerapatan juga semakin besar sehingga kecepatannya besar. Karena jenis material penyusun bumi juga berbeda. Nilai rms yang diperoleh pada gelombang sekunder sama dengan nilai rms pada gelombang primer sebesar 0,001. Hal ini menunjukkan bahwa model kecepatan gelombang sekunder 1-D yang didapatkan sudah optimum.

Dari model kecepatan gelombang primer berbeda dengan model kecepatan gelombang sekunder, pada kedalaman yang sama mempunyai kecepatan yang berbeda-beda. Gelombang sekunder mempunyai kecepatan menjalar kurang dari kecepatan gelombang primer pada medium yang sama. Namun bila di tinjau dari polanya, model kecepatan gelombang primer dan model kecepatan gelombang sekunder sama yaitu menghasilkan 3 lapisan yaitu permukaan, *conrad* dan *moho*. Adapun teori yang menyatakan bahwa gelombang primer mempunyai kecepatan paling tinggi diantara gelombang yang lain salah satunya gelombang sekunder, dalam merambat pada medium yang sama hal ini sudah sesuai dengan penelitian ini.

IV. PENUTUP

Berdasarkan data yang telah diperoleh hasil penelitian gempa bumi di wilayah Papua Barat, dapat dikemumukakan kesimpulan dan saran bahwa :

A. Simpulan

1. Model kecepatan lokal gelombang P dan S 1-D di wilayah Papua Barat menggunakan metode inversi algoritma genetika, menghasilkan lapisan *upper crust* dan lapisan *lower crust* terdapat lapisan *conrad*, sedangkan di antara lapisan *lower crust* dan lapisan *upper mantle* dibatasi oleh lapisan *moho*.

2. Model kecepatan lokal gelombang P dan S 1D di wilayah Papua Barat gelombang primer dan sekunder mempunyai kedalaman sama. Pada lapisan *conrad* dengan kedalaman 0,000 km sampai kedalaman 17,400 km mempunyai kecepatan gelombang primer sebesar (6,145±0,272) km/s dan kecepatan gelombang sekunder sebesar (3,545±0,192) km/s sedangkan lapisan *moho* dengan kedalaman 17,400 km sampai kedalaman 38,100 km mempunyai kecepatan gelomabng primer sebesar (7,024±0,295) km/s dan kecepatan gelombang sekunder sebesar (4,053±0,243) km/s. Dengan perbandingan antara kecepatan gelombang primer dan kecepatan gelombang sekunder sebesar (1,735±0,050) km/s. Model kecepatan gleombang primer dan sekunder menghasilkan nilai rms yang lebih kecil yaitu sebesar 0,001 maka taraf ketelitiannya lebih tinggi.

B. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan adapun saran untuk penelitian dari penelitian ini adalah:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk *picking* data dilakukan secara otomatis sehingga waktu tiba gelombang primer dan sekunder lebih teliti .
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya model kecepatan gelombang seismik yaitu gelombang primer dan gelombang sekunder dapat dikerjaka secara 2 dimensi maupun 3 dimensi, dengan nilai *rms* yang lebih teliti.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-NYA kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Estimasi Model Kecepatan Lokal Gelombang P dan S 1-D Di Wilayah Papua Barat Menggunakan Metode Inversi Algoritma Genetika ” ini dengan baik. Keberhasilan dalam penulisan skripsi ini tentunya tidak lepas dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Suyono, M.Pd selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Surabaya.
2. Dr.Madlazim, M.Si, selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran serta selaku ketua Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya.
3. Dzulkifli,S.Si. M.T., dan Drs Supardiyono, M.Si selaku Dosen Penguji skripsi yang telah memberikan saran yang membangun.
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen jurusan Fisika FMIPA UNESA yang telah dengan sabar mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan yang berlimpah kepada peneliti.
5. Orang tua yang telah mencurahkan kasih sayang dan tidak tidak putus-putusnya mendoakan serta memberi motivasi sejak kecil hingga saat ini.
6. Suamiku yang telah sabar, dan selalu memotivasi serta mendoakan.

7. Saudara-saudara tercinta (Fandi dan bibit), serta para keponakan(silvi ,firman, rama dan citra) semoga nanti bisa menjadi anak-anak yang sholeh dan sholehah serta selalu berbakti pada kedua orangtua.....Amiiiiiin
8. Seluruh teman-teman Fisika Reguler 2008 (Ika, Cupril, Budi, Rendra, Rizky , Helvin,dan Sulthon) banyak kenangan yang tak bisa terlupakan bersama kalian, dan juga teman-teman seperjuangan "Skripsi".Serta teman teman lainnya yang telah mensupport.

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) Madlazim. 2011. *Estimasi CMT, Bidang Sesar dan Durasi Rupture Gempa Bumi di Sumatra serta Kemungkinan Penerapannya untuk Sistem Peringatan Dini Tsunami.* Surabaya: ITS

(3) Medicaliana,Noviska.2011.*Analisis Hasil Komputasi Perbaikan Hiposenter,Model Kecepatan Gelombang P Dan Koreksi Statiun Gempa Bumi Dikepulauan Papua Dengan Metode Inversi.* Surabaya:UNESA

(4) Lopes, Afonso.E.de Vasconcelos. 2010. *Genetic Algorithm Inversion of the Average 1D Crustal Structure Using Local and Regional Earthquakes.* Brazil : IAG-USP.

(5) Mubarak,Zamzam. 2011. *Analisis Distribusi Perubahan Tekanan Coulomb Akibat Gempa Bumi Di Pulau Papua 16Juni 2010 (Skripsi Yang Tidak Dipulikasikan)*. Surabaya:UNESA

(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.