

RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI SUMATERA BARAT MENGUNAKAN METODE *DOUBLE DIFFERENCE* (DD)

Anggina Wulan Dari¹⁾, Syafriani²⁾, dan Andiyansyah Z. Sabarani³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA UNP

³⁾Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Sta. Geofisika Klas I Padang Panjang
angginawulandari15@gmail.com

ABSTRACT

West Sumatra is located in an active subduction zone between the Indo-Australian plate with the Eurasian Plate and is along the Sumatra fault, so the West Sumatra earthquake prone. One way to understand the tectonic conditions of this region by relocating the earthquake hypocenter. Earthquake hypocenter result of BMKG has some weaknesses due to the program that used (Seiscomp) has a minimum depth of 10 km (fixed depth). Beside that velocity model of P wave which used by the system does not match with the actual geology condition of Sumatra Barat. The data used for the relocation of the hypocenter are taken for BMKG analysis system SeisComp the until period 1 May 2009 to 30 November 2015 by using HypoDD program with double difference method in it. AK 135 and Madlazim wave velocity model are used in the program. Double Difference method. So the velocity model errors can be minimized without using correction station. The results indicate earthquake hypocenter relocation in West Sumatra related to the fault, subduction process and Mentawai fault. The data relocation many as 1181 of the 1622 data. Based on the data obtained by percentage depth to a shallow earthquake relocation 79.3%, 45% intermediate earthquake and the earthquake in 0%. This is due to the deeper the layer, the higher the P wave velocity, so that the structure of the constituent layers will be more complex. Besides the depth of the earthquake below 10 km (fixed depth) after relocation has a variety of different depths. Earthquakes before relocating spread out so the (trendline) can not show a pattern corresponding to the main fault. Once relocated the (clusters) to form a group on the trend of the field fracturing or similar structure and distribution of earthquakes portrayed clearly. The RMS value after the relocation ranges between 0-1.5 and the RMS value before relocating ranging between 0-5.

Keywords : West Sumatra, Earthquakes, Relocation the hypocenter, Double Difference method

PENDAHULUAN

Wilayah Sumatera Barat merupakan daerah yang rawan terhadap bencana gempabumi. Hal ini dikarenakan posisinya berada pada zona subduksi aktif antara lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia, tepatnya di bagian barat Mentawai. Wilayah Mentawai juga memiliki sesar yang mempengaruhi kondisi wilayah Sumatera Barat. Bidang kontak zona penunjaman di Sumatera Barat dapat diamati dari data seismisitasnya sampai kedalaman sekitar 300 km. Lempeng Indo-Australia yang terus menerus mensubduksi lempeng Eurasia (Sumatera) mengakibatkan terbentuknya bidang zona penunjaman dangkal atau yang disebut “Megathrust” (mega patahan naik yang berkemiringan landai). Efek dari penunjaman miring inilah menyebabkan di wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat aktivitas seismik/kegempaan yang sangat tinggi dan berpotensi terjadinya gempabumi tektonik besar disepanjang segmen pertemuan kedua lempeng tersebut^[1].

Disamping itu, wilayah daratan Sumatera Barat juga dilalui oleh sistem sesar Sumatera yang terdiri dari empat segmen sesar aktif yaitu segmen sesar Sumpur, segmen sesar Sianok, segmen sesar Sumani, dan segmen sesar Suliti^[1]. Segmen-segmen

ini membentang dari Solok Selatan hingga daerah Rao di Kabupaten Pasaman.

Sumatera Barat memiliki catatan sejarah kegempaan, diantaranya gempabumi yang merusak dekat dengan zona subduksi pada tahun 1779 (8.4 SR), 1883 (9.2 SR), 1861 (8.3 SR), 2004 (9.2 SR), 2007 (7.9 SR dan 8.4 SR), dan 2009 (7.6 SR)^[2]. Gempabumi Sumatera Barat juga berasal dari sistem sesar Sumatera diantaranya pada tahun 1943 (7.4 SR) dan tahun 2004 (5.6 SR) di segmen Sumani, tahun 1977 (5.5 SR) terjadi di segmen Sumpur, dan pada tahun 2007 (6.4 SR) terjadi di segmen Sianok^[3].

Mengingat daerah Sumatera Barat merupakan daerah yang rawan gempa, perlu adanya penjelasan tentang kondisi tektonik di wilayah ini. Salah satu cara memahami kondisi tektonik melalui analisis distribusi parameter hiposenter yang akurat. Hiposenter yang akurat dapat memberikan informasi spasial pada suatu area gempa yang dapat dianalisis lebih lanjut untuk menggambarkan kondisi tektonik area tersebut^[4]. Sesuai dengan Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana Pasal 38, “ Pencegahan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 35 huruf c diantaranya meliputi : Identifikasi dan pengenalan secara pasti terhadap sumber bahaya atau ancaman

Lokasi suatu gempa dapat ditentukan berdasarkan posisi hiposenter dan episenter gempabumi. Hiposenter merupakan pusat gempabumi yang berada di dalam permukaan bumi dan proyeksinya terhadap permukaan bumi disebut episenter.

Waktu tempuh residual relatif antara kedua hiposenter yang saling berdekatan dalam satu *cluster* dapat diformulasikan dengan:

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

Dimana:

i dan j = dua hiposenter yang saling berdekatan

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

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

t_k^i = waktu tempuh dari gempa i yang terekam oleh stasiun k

t_k^j = waktu tempuh dari gempa j yang terekam oleh stasiun k

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

t^{cal} = waktu tempuh kalkulasi (diperoleh dari perhitungan berdasarkan *raytracing* sesuai dengan model kecepatan yang digunakan).

Residu dari *travel time* untuk dua *event* dihitung melalui selisih diferensial *event* i dan j terhadap masing-masing parameter (x,y,z,t). Persamaan (1) secara sederhana ditulis dalam persamaan :

$$dr_k^{ij} = \frac{\partial T_k^i}{\partial m} \Delta m^i - \frac{\partial T_k^j}{\partial m} \Delta m^j \quad (2)$$

Persamaan 2 disusun kedalam bentuk matriks untuk sejumlah n gempabumi yang diamati di stasiun k. Matriks persamaan yang digunakan untuk setiap stasiun dapat dinyatakan dengan ^[11]:

$$WGm = Wd \quad (3)$$

Dimana:

W = matriks diagonal untuk pembobotan setiap persamaan (0 dan 1)

G = matriks turunan parsial waktu tempuh terhadap parameter hiposenter (M x 4N)

m = data vektor perubahan posisi relatif antara pasangan hiposenter terhadap posisi relatif hiposenter dugaan [dx, dy, dz, dt]^T pada satu cluster (4N x 1)

d = data waktu tempuh residual untuk seluruh pasangan hiposenter (M x 1)

M = jumlah dari observasi *double-difference*

N = jumlah hiposenter

Perbaikan posisi hiposenter terus dilakukan dengan melakukan iterasi sampai mendapatkan residual waktu tempuh observasi dan kalkulasi mendekati nol.

Penentuan relokasi hiposenter dipengaruhi juga oleh model kecepatan. Jika model kecepatan yang digunakan tidak sesuai dengan kondisi geologinya menyebabkan hasil relokasi tidak sesuai dengan kondisi tektoniknya. Model kecepatan yang digunakan merupakan model kecepatan 1-D gelombang P untuk kedalaman 0 – 80 km untuk wilayah pulau Sumatera dan sekitarnya menggunakan Madlazim dan Santosa (2010) dan

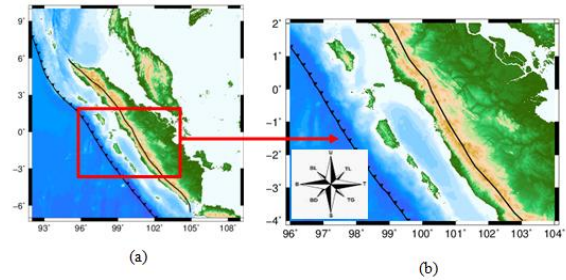
untuk model kecepatan gelombang P lebih dalam dari 80 km menggunakan model AK135 Kennett dkk (1995).

Hasil relokasi hiposenter menggunakan *double difference* biasanya menunjukkan adanya beberapa *kelompok* yang terbentuk. Kumpulan-kumpulan gempabumi yang terbentuk ini dapat mengindikasikan seismistas tinggi di suatu daerah sebab gempabumi setelah relokasi bergerak mendekat dan berkumpul membentuk kelompok pada satu *trend* bidang rekah atau struktur yang sama^[10].

Hasil relokasi yang didapatkan apakah benar atau salah dapat dilihat melalui validasi dari residual waktu tempuh gelombang. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan frekuensi *residual time* sebelum dan sesudah relokasi hiposenter. *Residual time* mendekati nol menunjukkan antara model bumi dan kenyataan tidak terlalu jauh berbeda. *Residual time* yang besar menunjukkan sebaliknya^[4].

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan data sekunder berupa data *Arrival Format* dari tanggal 1 Mei 2009 hingga 30 November 2015 dengan jumlah stasiun sebanyak 15 stasiun yang diperoleh dari stasiun BMKG Padang Panjang. Cakupan wilayah penelitian adalah wilayah Sumatera Barat dengan koordinat 96° BT – 104° BT dan 4° LS – 0.1° LU sesuai Gambar 3.



Gambar 3. (a) Peta Wilayah Sumatera, dan (b) Peta Daerah Penelitian

Parameter gempabumi yang digunakan dalam relokasi adalah lintang, bujur, kedalaman serta waktu terjadinya gempabumi. Selanjutnya data akan diolah dan dilakukan analisa berdasarkan kondisi tektonik daerah Sumatera Barat. Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan untuk menghasilkan data relokasi hiposenter sebagai berikut :

a. Plotting Data Episenter Gempabumi

Parameter episenter (lintang dan bujur), kedalaman, dan magnitudo diplot dengan menggunakan software GMT (*Generic Mapping Tool*).

b. Mengubah Format Data Sebagai Input Untuk Relokasi

Program Python 3.5 merupakan program yang digunakan untuk mengubah format data dari katalog BMKG (*.txt) menjadi data input untuk program ph2dt (*.pha).

c. Relokasi Gempabumi Dengan Metode *Double Difference*

Data gempabumi direlokasi dengan metode *Double Difference* menggunakan software *hypoDD*. Data keluaran dari program *ph2dt* dijadikan input pada program *hypoDD*. Hasil dari program *hypoDD* berupa parameter gempabumi setelah direlokasi.

d. Pembagian Penampang Melintang (*Cross Section*).

Setelah hasil data relokasi diplotting, dilakukan pembagian segmen irisan vertikal (*Cross Section*) yang tegak lurus dengan *trench* untuk melihat sebaran hiposenter sebelum dan setelah relokasi menggunakan software GMT.

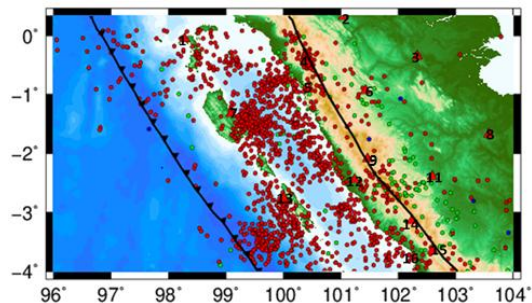
e. Analisis Distribusi Sebaran Hiposenter Sebelum dan Setelah Relokasi Gempabumi

Data parameter yang telah direlokasi kemudian dianalisis sebaran hiposenter dan dibandingkan dengan data sebelum relokasi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data yang digunakan sebagai input awal relokasi terdiri dari 1622 *event* gempa. Format data terdiri dari parameter gempa berupa waktu tiba gelombang (*origin time*), lintang (*longitude*), bujur (*latitude*), dan kedalaman (*depth*). Gambar 4 menunjukkan sebaran seismisitas gempabumi Sumatera Barat sebelum relokasi. Segitiga merah (▲) menunjukkan sebaran dari stasiun pencatat gempabumi.



Gambar 4. Peta seismisitas Sumatera Barat sebelum relokasi

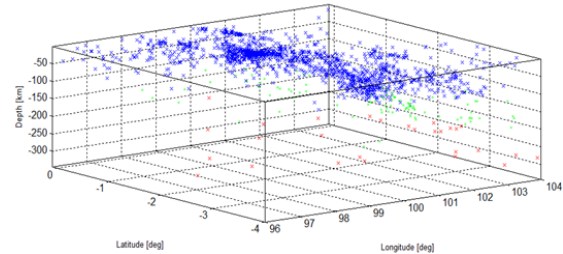
Tabel 1. Stasiun pencatat event gempabumi

No	Stasiun	Longitude	Latitude
1	PBSI (Pulau Batu, Sumatra Utara)	98,28	-0,0547
2	BKNI (Bangkinang, Riau)	101,039638	0,3264
3	RGRi (Rengat, Riau)	102,3338	-0,3491
4	PPI (Padangpanjang, Sumatra Barat)	100,3968	-0,455
5	PDSI (Unand Padang, Sumatra Barat)	100,4617	-0,9118
6	SDSI (Sungai Dareh, Sumatra Barat)	101,428	-0,9325
7	SISI (Pulau Saib, Sumatra Barat)	99,0895	-1,3265
8	JMBI (Jambi)	103,576	-1,6764
9	UBSI (Unib Bengkulu, Bengkulu)	102,2714	-3,7611
10	MA SI (Muara Aman, Bengkulu)	102,239608	-3,1415
11	SLSI (Sarolangun, Jambi)	102,5927	-2,3924
12	KRJI (Kerinci, Jambi)	101,461929	-2,0912
13	PPSI (Pulai Pagai, Sumatra Barat)	100,01	-2,766
14	KSI (Kepahiyang, Bengkulu)	102,59292	-3,651
15	MKBL (Muko-Muko Bengkulu)	101,23958	-2,4474

(sumber : <http://inatews.bmkg.go.id>)

Pada Gambar 4 terlihat bahwa sebaran hiposenternya menyebar. Pada Tabel 1 pemilihan stasiun dipilih berdasarkan lokasi koordinat yang tersebar di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya.

Stasiun ini berfungsi untuk mencatat sinyal gempa yang berpasangan sebagai algoritma untuk metode *double difference*. Sedangkan Gambar 5 menunjukkan grafik tiga dimensi variasi latitude dan longitude terhadap kedalaman pada sebaran hiposenter sebelum direlokasi.



Gambar 5. Grafik variasi latitude dan longitude terhadap kedalaman pada sebaran hiposenter sebelum relokasi

Pengolahan data pertama kali dilakukan dengan mengubah format data BMKG dalam bentuk format data **pha*. Pengubahan format data berfungsi sebagai input untuk program *ph2dt* yang akan digunakan agar pasangan-pasangan gempabumi setiap stasiun dapat terbentuk. Parameter yang diberikan diantaranya, bobot *picking* untuk kualitas gelombang (MINWGHT) sebesar 1. Jarak antar pasangan *event* (MAXSEP) yang digunakan sebesar 10 km. Kemudian jarak maksimum antar pasangan *event* dengan stasiun (MAXDIST) dibuat sejauh 600 km. Jumlah maksimum gempabumi disekitar pasangan gempabumi disekitarnya (MAXNGH) sebesar 10. Jumlah minimum fase gempabumi (MINLNK) sebesar 8. Jumlah minimum dan maksimum dari pasangan gempabumi yang berhubungan (MINOBS) dan (MAXOBS) sebesar 1 dan 100. Output dari program *ph2dt* merupakan input data untuk program *hypoDD* yang akan direlokasi.

Data yang dihasilkan berupa data katalog. Data yang berhasil direlokasi sebanyak 1181 *event* gempa. Jumlah data yang tidak terelokasi sebanyak 441 *event* gempa. Data yang tidak terelokasi dikarenakan adanya beberapa *event* atau pasangan *event* yang tidak memenuhi kriteria yang sesuai dengan input yang diberikan pada program. Selain itu juga disebabkan pada saat proses iterasi terjadi pergeseran posisi hiposenter gempabumi menjadi diatas permukaan (*airquake*). Persentase data yang terelokasi terhadap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 2.

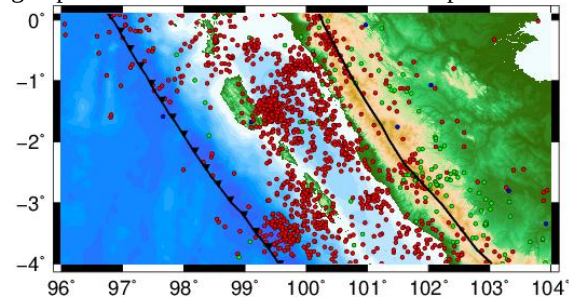
Tabel 2. Persentasi data gempa yang terelokasi

Kedalaman (D)	Total <i>event</i> gempa	Gempa terelokasi	Gempa tidak terelokasi	% Data gempa terelokasi
D ≤ 10	505	391	114	77.4
D < 60	1332	1057	275	79.3%
60 < D < 300	275	124	151	45%
D > 300	15	0	15	0%

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa pada kedalaman kecil 60 km, data gempa yang terelokasi sebanyak 79.3 %. Pada kedalaman antara 60 km sampai 300 km menunjukkan data yang terelokasi

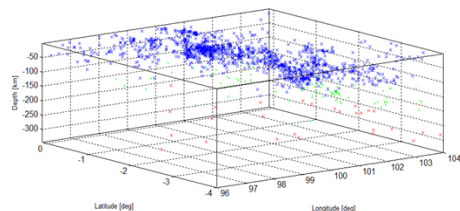
sekitar 45 %. Sedangkan pada lapisan kedalaman yang besar dari 300 km menunjukkan data yang terelokasi 0%. Pada gempa dengan kedalaman yang kurang dari 10 km didapatkan data yang terelokasi sebesar 77.4 %.

Relokasi gempa yang dilakukan berdasarkan pasangan *event* gempabumi dan menghubungkannya dengan sekitarnya berdasarkan stasiun pencatat gempa atau stasiun penerima gempa. Gambar 6 menunjukkan sebaran distribusi seismisitas gempabumi setelah dilakukan relokasi hiposenter.



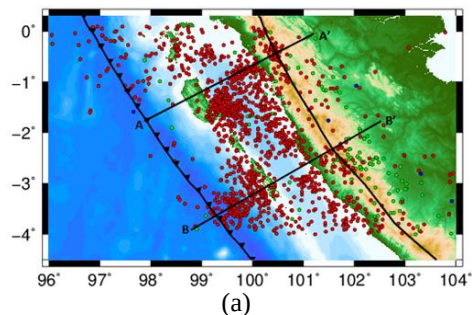
Gambar 6. Peta seismisitas Sumatera Barat setelah relokasi

Pada Gambar 6 terlihat bahwa terjadi perubahan posisi hiposenter. setelah relokasi beberapa sebaran hiposenternya memusat atau berkumpul pada suatu kelompok/ *cluster* tertentu. Sedangkan Gambar 7 menunjukkan grafik tiga dimensi variasi latitude dan longitude terhadap kedalaman pada sebaran hiposenter sebelum direlokasi.

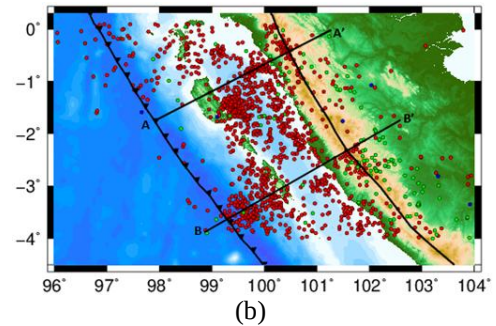


Gambar 7. Grafik variasi latitude dan longitude terhadap kedalaman pada sebaran hiposenter setelah relokasi

Setelah didapatkan data sesudah relokasi, maka untuk mengetahui gambaran tektonik wilayah Sumatera Barat dapat ditunjukkan dalam bentuk *cross section* (penampang melintang) pada Gambar 8.



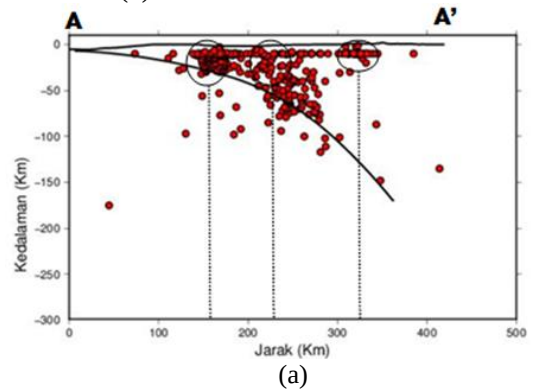
(a)



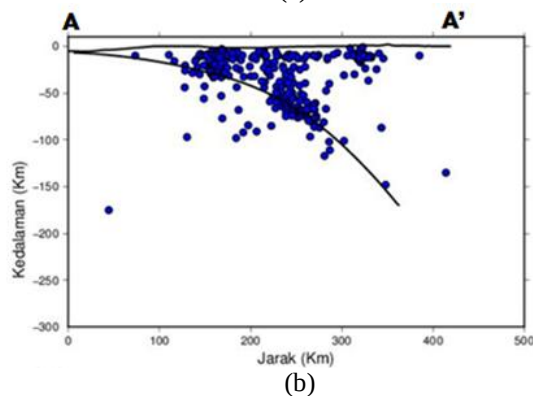
(b)

Gambar 8. Penampang melintang (a) sebelum relokasi dan (b) setelah relokasi

Pada Gambar 8 terlihat penampang A-A' melintang melewati empat segmen sesar aktif Sumatera Barat, sedangkan penampang B-B' melintang melalui segmen sesar Mentawai. Pada Gambar 9 dapat dilihat penampang vertikal A-A' (a) sebelum dan (b) setelah relokasi. Sedangkan gambar 10 dapat dilihat penampang vertikal B-B' (a) sebelum dan (b) setelah relokasi.



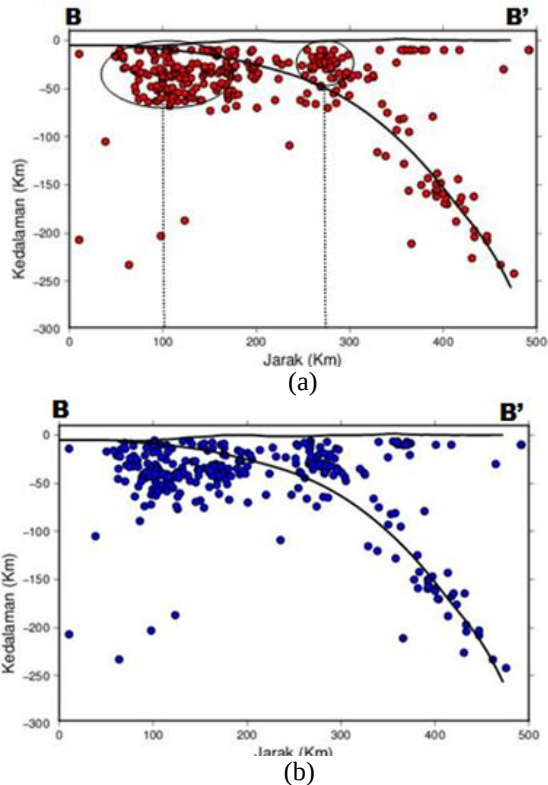
(a)



(b)

Gambar 9. Penampang vertikal A-A' (a) sebelum dan (b) setelah relokasi

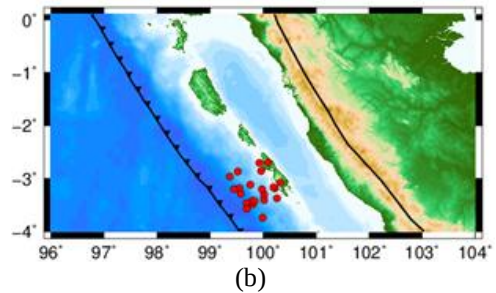
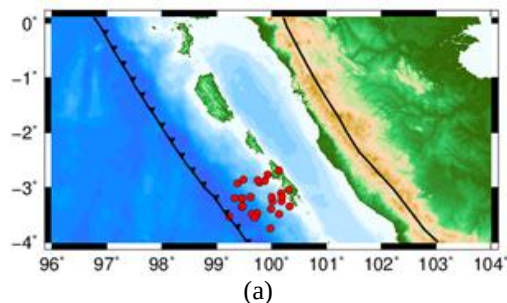
Pada Gambar 9 dilihat dari sebarannya bahwa gempabumi terdistribusi pada zona subduksi khususnya pada daerah slab antara bidang kontak lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia pada kedalaman kira-kira kurang dari 60 km. Selain itu ada kelompok gempa yang disebabkan karena aktivitas subduksi pada jarak 250 km dengan kedalaman kurang dari 40 km. Kemudian pada jarak 300 km terjadinya gempa dangkal dengan kedalaman di bawah 40 km. Ini diakibatkan adanya aktivitas sesar Sumatera.



Gambar 10. Penampang vertikal B-B' (a) sebelum dan (b) setelah relokasi

Pada Gambar 10 Setelah direlokasi terdapat *cluster* atau kelompok gempa dengan distribusi gempabumi berada pada kedalaman di bawah 60 km pada jarak 100 km. Ini merupakan gempa yang terjadi pada kurun waktu Oktober 2010. Gempa yang terdistribusi berada pada zona subduksi dekat dengan zona *slab*. Selain itu ada beberapa cluster gempa dengan jarak gempabumi sekitar 280 km sampai 300 km bahwa gempa yang terjadi diakibatkan karena adanya aktivitas sesar Sumatera dengan kedalaman kurang dari 60 km. Selain itu pada jarak yang besar dari 300 km diperoleh data kejadian pada zona subduksi dengan kedalaman besar dari 150 km tepatnya berada di bawah sesar Sumatera itu sendiri.

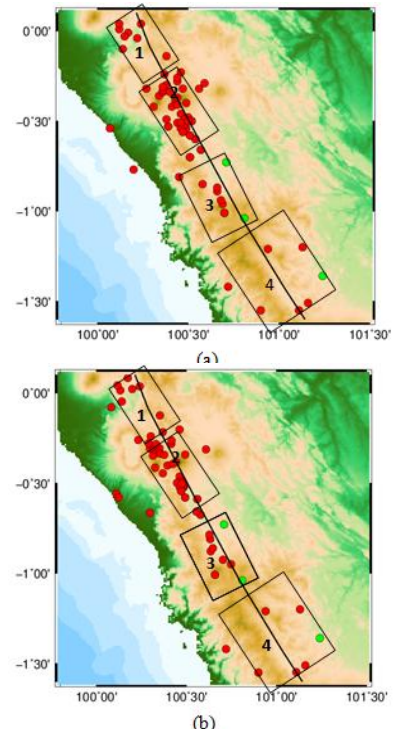
Salah satu data yang diambil untuk melihat perubahan posisi sebelum dan setelah direlokasi yaitu gempa Mentawai pada tanggal 25 Oktober 2010 dan gempabumi yang terjadi pada segmen sesar aktif Sumatera. Dapat dilihat pada Gambar 11 menunjukkan sebaran gempabumi yang terjadi dengan beberapa kali gempa susulan.



Gambar 11. Peta seismisitas gempa 25 Oktober 2010 (a) sebelum dan (b) setelah relokasi

Pada Gambar 11 hasil relokasi tersebut menunjukkan perubahan posisi hiposenter di sebelah barat dari posisi awalnya. Sebelum direlokasi distribusi gempanya menyebar dan arah pergerakan gempa tidak jelas. Sedangkan setelah direlokasi distribusi gempanya memusat dan arah pergerakan gempanya terletak dari Barat Daya ke Timur Laut.

Bagian seismisitas gempabumi yang terjadi akibat aktivitas segmen aktif Sumatera juga dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Seismisitas gempabumi pada 4 segmen aktif Sumatera Barat (a) sebelum dan (b) setelah relokasi

Distribusi gempabumi pada Gambar 12 (a) sebelum dan (b) setelah relokasi memiliki pola yang hampir sama, namun setelah relokasi sumber gempabumi cenderung lebih tepat bergeser ke arah segmen sesar. Pergeseran yang terjadi tidak terlalu jelas karena data yang diambil hanya dalam periode 5 tahun.

Pembahasan

Berdasarkan kedalamannya diperoleh data yang terelokasi pada kedalaman kecil 60 km, data gempa yang terelokasi sebanyak 79.3 %. Ini

menandakan bahwa lapisan pada kedalaman ini memiliki struktur yang berbeda akibat pengaruh dari penyusun lapisan tersebut sudah tidak sama. Pada kedalaman antara 60 km sampai 300 km menunjukkan data yang terelokasi sekitar 45 %, diakibatkan struktur penyusun dari lapisan ini sudah berbeda. Sedangkan pada lapisan kedalaman yang besar dari 300 km menunjukan data yang terelokasi 0% diakibatkan semakin dalam lapisan maka semakin tinggi kecepatan gelombang P, sehingga struktur penyusun lapisan akan semakin kompleks.^[12] model kecepatan yang digunakan semakin kedalam kecepatan gelombang primer semakin tinggi, hal tersebut menunjukkan semakin ke dalam struktur bumi semakin rapat.

Pada gempa dengan kedalaman yang kurang dari 10 km didapatkan data yang terelokasi sebesar 77.4 %.^[13] relokasi gempabumi dengan kedalaman awal 10 km menunjukkan pergeseran yang random, sebagian gempabumi mengalami perubahan kedalaman menjadi lebih dangkal dan sebagian menjadi lebih dalam daripada sebelum relokasi. Ini membuktikan bahwa pada penelitian ini gempabumi yang didapatkan oleh BMKG diduga kurang akurat.

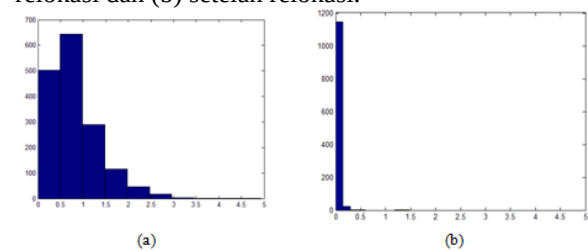
Kurang akuratnya data yang diperoleh dari BMKG diduga dapat disebabkan oleh pembacaan input (masukan) pada sistem program analisa yang digunakan, yaitu *Seismic Communication Prossesing* (*SeisComP*) memiliki kedalaman minimal 10 km sebagai nilai kedalaman minimal yang ditetapkan (*fix depth*). Sedangkan setelah dilakukan relokasi didapatkan bahwa gempabumi dengan kedalaman minimal 10 km (*fix depth*) memiliki variasi kedalaman yang berbeda.

Analisis dari parameter gempabumi yang dilihat dari penampang melintangnya, terlihat bahwa gempabumi pada zona subduksi tepatnya pada zona slab dapat didominasi oleh gempabumi dengan kedalaman yang kurang dari 60 km. Selain itu gempabumi bagian daerah penelitian 25 Oktober 2010 merupakan gempabumi yang jika dilihat dari arah pergerakannya menuju timur laut lebih mendekati sesar Mentawai. Beberapa gempabumi juga disebabkan oleh sesar Sumatera tepatnya bagian empat segmen sesar yang ada di Sumatera Barat memperlihatkan bahwa gempabumi yang terjadi diakibatkan oleh aktifitas sesar Sumatera dan *cluster* gempabumi yang terbentuk mendekati pola bidang sesarnya.

Hasil relokasi relokasi hiposenter yang didapatkan menggunakan metode *double difference* biasanya menunjukkan adanya beberapa kumpulan atau kelompok terbentuk yang dapat mengindikasikan seismisitas tinggi di suatu daerah sebab gempabumi setelah relokasi bergerak mendekat dan berkumpul membentuk kelompok pada satu *trend* bidang rekah atau struktur yang sama^[12]. Gempabumi sebelum relokasi tersebar sehingga garis kecenderungannya (*trendline*) tidak dapat

menunjukkan pola yang sesuai dengan patahan utamanya. Setelah direlokasi kelompok (*cluster*) berkumpul membentuk kelompok pada satu *trend* bidang rekah atau struktur yang sama. Garis kecenderungan (*trendline*) di tiap kumpulan gempa (*cluster*) menunjukkan pola gempa yang mengikuti struktur patahan utama (*major fault*) yang berada di wilayah tersebut. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa adanya penyebab yang memicu gempabumi. Meskipun ada beberapa kumpulan gempa (*cluster*) yang tidak menunjukkan pola yang tidak sesuai dengan bidang rekahnya disebabkan karena keterbatasan data, tapi hal ini tetap berada dekat dengan patahan utama yang memicu gempabumi. Disini dapat terlihat bahwasanya setelah relokasi hiposenter gempabumi dapat menunjukkan kondisi struktur geologi Sumatera Barat yang sebenarnya.

Salah satu cara melihat hasil relokasi *hypoDD* apakah hasil relokasi sudah mendekati benar atau tidak yaitu dengan cara membuat validasi residual waktu tempuh^[4]. Validasi dilakukan dengan cara membuat histogram *Root Mean Square* (RMS) residual dari data sebelum dan setelah relokasi. Gambar 13 menunjukkan RMS *residual* (a) sebelum relokasi dan (b) setelah relokasi.



Gambar 13. Grafik validasi data gempa dari pengamatan dan perhitungan (a) Sebelum dilakukan relokasi dan (b) setelah dilakukan relokasi menggunakan *hypoDD*.

Pengolahan setelah relokasi *hypoDD* menunjukkan hasil yang lebih baik dimana nilai RMS setelah relokasi berkisar antara 0-1.5 sedangkan nilai RMS sebelum relokasi berkisar antara 0-5. Nilai residual setelah dilakukan relokasi hiposenter gempabumi lebih banyak yang mendekati nol dibandingkan nilai residual sebelum dilakukan relokasi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa relokasi hiposenter gempabumi dengan menggunakan *hypoDD* memberikan nilai residual yang lebih baik. Variasi RMS yang didapatkan sebelum relokasi hiposenter mencapai 5 diakibatkan kurang banyaknya data dari stasiun pencatat gempabumi dan sinyal yang terekam tidak jelas dikarenakan sulit untuk membaca gelombang P dan gelombang S sehingga butuh pemahaman yang dalam terkait dengan gelombang gempanya (*seismic wave*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penentuan kembali hiposenter gempabumi di Sumatera Barat menggunakan metode *Double Difference* berdasarkan parameter gempabumi dan model kecepatan yang digunakan didapatkan terjadi perubahan posisi hiposenter gempabumi berdasarkan data BMKG yang telah direlokasi. Gempabumi sebelum relokasi tersebar sehingga garis kecenderungannya (*trendline*) tidak dapat menunjukkan pola yang sesuai dengan patahan utamanya. Setelah direlokasi kelompok (*cluster*) berkumpul membentuk kelompok pada satu *trend* bidang rekah atau struktur yang sama.
2. Hasil relokasi hiposenter dengan menggunakan metode *Double Difference* (DD) berdasarkan kedalamannya diperoleh persentase data yang terelokasi untuk gempa dangkal 79.3%, gempa menengah 45% dan gempa dalam 0%. Ini diakibatkan semakin dalam lapisan maka semakin tinggi kecepatan gelombang P, sehingga struktur penyusun lapisan akan semakin kompleks. Selain itu kedalaman gempa dibawah 10 km (*fix depth*) setelah relokasi memiliki variasi kedalaman yang berbeda. Setelah relokasi posisi hiposenter bergeser mengikuti pola masing-masing bidang sesar dan distribusi gempa untuk beberapa *cluster* yang terjadi pada zona subduksi terpetakan dengan jelas dan gempabumi yang terjadi juga lebih memusat terutama pada zona slab dengan kedalaman dangkal. Pengolahan data setelah relokasi menggunakan program *hypoDD* menunjukkan hasil yang lebih baik dimana nilai RMS setelah relokasi berkisar antara 0-1.5 sedangkan nilai RMS sebelum relokasi berkisar antara 0-5.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari hibah penelitian skema penelitian unggulan perguruan tinggi dengan tim peneliti diketuai oleh Syafriani, Ph.D berdasarkan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian No.335/UN35.2/PG/2016. 18 April 2016. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Sta. Geofisika Klas I Padang Panjang atas data yang telah digunakan dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sieh, K., and Natawidjaja, D.H., 2000. Neotectonics of the Sumatera fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research* , 105, B12, pp. 28, 295- 28, 326.
- [2] Putra, R.R., Kiyono, J. *Shaking Characteristic of Padang City, Indonesia* . Graduate School of Engineering, Kyoto University, Japan . Ono Y. Department of Urban Social System and Civil Engineering, Tottori University, Japan . 15 WCEE. LISBOA 2012
- [3] Triyono, Rahmat. *Ancaman Gempabumi Di Sumatera Tidak Hanya Bersumber Dari Mentawai Megathrust*. Kepala Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang. [eoffice.bmkg.go.id/dokumen/artikel_AncamanGempabumi Di Sumatera Tidak Hanya Bersumber Dari Mentawai Megathrust](http://eoffice.bmkg.go.id/dokumen/artikel_AncamanGempabumiDiSumateraTidakHanyaBersumberDariMentawaiMegathrust)_diakses 9 Maret 2016 jam 11.33 WIB.
- [4] Ramdhan, M., Nugraha, A.D., dan Sule, M.R., 2012, *Analisis Kegempaan Sesar Sumatera pada Area Segmen Sunda Menggunakan Hasil Relokasi Gempa Metode Double-Difference*: Prosiding PIT HAGI September 2012, Palembang
- [5] www.bnph.go.id, *Undang-Undang RI No.24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana*_diakses 29 Februari 2016 jam 10.22 WIB)
- [6] Havskov, Jeans dan Bormann, P.2011. *Seismic Source Location. Version 2 DOI : 10.2312/GF2. NMSOP-2_IS_11.1*.
- [7] Garini, S. A., 2014. Relokasi Hiposenter Gempa Bumi Di Sulawesi Tengah Dengan Menggunakan Metode Geiger Dan Coupled Velocity-Hypocenter : Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Surabaya.
- [8] Budiati, M.R. 2013. *Relokasi Gempa di Sepanjang Sesar Palu Koro Menggunakan Metode Modified Joint Hypocenter Determined dan double Difference*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [9] Kim, Kwang-Hee, dkk. 2005. *Earthquake relocations, fault zone geometry and constraints on lateral velocity variations using the joint hypocenter determination method*. Earth Planets Space. 57, 809–823, 2005.
- [10] Waldhauser, F., Ellsworth, W.L. 2000. *A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California*. BSSA, 90, 6, pp. 1353-1368, December 2000. Seismo. Soc. Am. Vol. 90, 1353-136
- [11] Waldhauser, Felix. 2001. *hypoDD-A program to Compute Double-Difference Hypocenter Locations*. U.S. Geol. Survey.
- [12] Iswati, Nina, dkk. Jurnal Fisika. *Estimasi Model Kecepatan Lokal Gelombang Seismik 1D dan Relokasi Hiposenter di Daerah Sumatera Barat*. Volume 02 Nomor 02 Tahun 2013, 0 – 5
- [13] Bambang, Sunardi, dkk. 2012. *Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Jawa Menggunakan Teknik Double Difference*. Institute Teknik Bandung