Penentuan Seismisitas dengan Metode Grid Searching (Studi Kasus Gempabumi Pulung, Kabupaten Ponorogo Februari 2011)

Petrus D. Sili^{1)*}, Adi Susilo²⁾, Sukir Maryanto³⁾

¹⁾ Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan, Pascasarjana Universitas Brawijaya
²⁾ Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya
³⁾ Laboratorium Geofisika FMIPA Universitas Brawijaya

Diterima 16 November 2012, direvisi 5 Desember 2012

ABSTRAK

Daerah Pulung Kabupaten Ponorogo merupakan daerah yang rawan dari ancaman gempabumi. Pusat Gempa Nasional sejak tahun 1963 mencatat 7 kali kejadian gempabumi, terdapat 1 kali gempabumi merusak dan 2 kali kejadian dengan episentrum di daearah Pulung yaitu pada tahun 1993 dengan kekuatan 3.7 SR dan tahun 1999 dengan kekuatan 5.6 SR. Peristiwa ini tejadi kembali pada bulan Februari 2011 sehingga perlu dilakukan penelitian penentuan seismisitas. Hasil analisis relokasi seismisitas menggunakan metode *Grid Searching* menunjukan bahwa distribusi lokasi pusat gempabumi bergeser ke arah Timur pada koordinat 7.8122° LS - 7.153° LS dan 111.6360° BT - 111.7303° BT, kedalaman pusat gempabumi bervariasi H = 0.532 km - 7.250 km, dan kekuatan gempabumi atau Magnitudo M = 1.4 SR - 2.0 SR. Hasil penelitian ini dapat dijadikan masukan untuk Pemerintah Daerah Kabupaten Ponorogo dan masyarakat di daerah Pulung untuk melakukan upaya mitigasi dalam menghadapi ancaman bencana gempabumi.

Kata kunci: Gempabumi, Episentrum, Seismisitas, Pulung.

ABSTRACT

Pulung Region, Ponorogo major city, Indonesia is one of the area in Indonesia which is prone of the local earthquake threat. Since 1963, there was about 7 big earthquakes, where 1 earthquake was destroyed earthquake and 2 events occured at the Pulung region. The two those earthquakes occured at Pulung were in 1993 and 1999, with the magnitude was 3.7 SR and 5.6 SR respectively. The last event was on February 2011, therefore it's necessary to study and determine the seismicity. In addition the relocation analysis using Grid Searching seismicity showed that the distribution of earthquakes shifted to the East direction, with the coordinat of from 7.8122° to 7153° SL and 111.6360° to 111.7303° EL, the depth of earthquakes varies between 0.532 km and 7250 km, and the magnitude was between 1.4 and 2.0 SR. It is hoped that this result can be used for the government of Ponorogo to mitigate of earthquake impact.

Key word: Earthquake, Epicenter, Seismicity, Pulung.

PENDAHULUAN

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang

*Coresponding author : E-mail: pedees@yahoo.com

non-alam. faktor Bencana iuga dapat ditimbulkan karena ulah manusia vang mengakibatkan timbulnya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis. Sedangkan Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa

disebabkan baik oleh faktor alam dan/atau

gempabumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor [1].

Besar kecilnya bencana yang diakibatkan oleh gempabumi salah satunya ditentukan oleh karakteristik gempabumi. Oleh karena itu studi tentang karakteristik gempabumi di suatu wilayah perlu dilakukan untuk peningkatan kesiapan dalam menghadapi bencana gempabumi. Studi karakteristik gempabumi ini disebut studi seismisitas yang meliputi studi akan kekuatan gempabumi, lokasi pusat gempabumi, mekanisme pensesaran gempabumi dan frekuensi kejadian gempabumi [2]. Sedangkan penelitian ini hanya menggunakan parameter Kekuatan gempabumi, lokasi pusat gempabumi, kedalaman gempabumi dan intensitas.

Gempabumi merupakan gejala pelepasan energi berupa gelombang getaran yang menjalar ke permukaan bumi akibat adanya gangguan di kerak bumi. Gejala alam ini masih sangat sulit diprediksi dan kerap kali menimbulkan bencana yang merusak dan tidak sedikitpun yang dapat menimbulkan tsunami dengan tingkat kerusakan tinggi hingga menelan korban jiwa [3].

Wilayah Jawa Timur secara astronomik berada pada bujur 5° LS-11° LS dan 111°-114.5° BT merupakan wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi karena adanya pertemuan lempeng tektonik Indo-australia dan Eurasia di Samudera Indonesia sebelah Selatan Jawa Timur. Wilayah ini merupakan daerah yang sangat berpotensi dilanda bencana alam gempabumi tektonik.

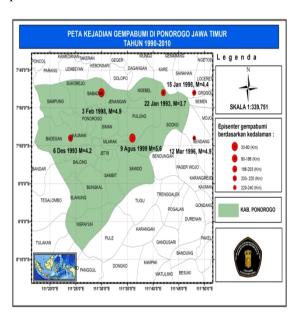
Indonesia belum memiliki informasi semua sesar penyebab gempabumi. Diakui bahwa ada patahan aktif di pulau Jawa tetapi sebagian besar belum terpetakan dengan baik. Dari sekian patahan tersebut terdapat tiga besar vang memiliki panjang mencapai antara 30-40 km mulai dari pantai Selatan hingga pedalaman Pulau Jawa. Tiga Patahan utama itu adalah sesar Cimandiri di Jawa Barat, sesar Opak di Yogyakarta, serta sesar Grindulu yang membelah Kabupaten hingga lereng Gunung Kabupaten Ponorogo [4].

Sesar Grindulu yang dimaksud merupakan efek patahan dari gerak relatif antar lempeng yang membentang di wilayah Pacitan hingga Kabupaten Ponorogo. Karakter sesar cendrung bercabang-cabang Grindulu bagian ujung yang cendrung menjadi sesarsesar kecil. Sesar Grindulu termasuk patahan yang belum dipetakan secara rinci saat ini, maka perlunya memperhatikan aktivitas kegempaan disekitar daerah sesar tersebut. Patahan pasif atau non-aktif bisa saja aktif kembali karena pengaruh aktifitas sesar sekitarnya, seperti Patahan Opak. Adanya beberapa patahan-patahan pasif yang paralel berpasangan dengan Patahan Opak. Misalnya Patahan Grindulu yang membentang sejajar dengan Patahan Opak dari daerah Pacitan ke arah timur laut. Kelompok sesar ini mengarah secara diagonal ke padalaman Pulau Jawa dari arah Baratdaya (South West)-Timurlaut (North East).

Sejarah gempabumi yang pernah terjadi di Jawa Timur, tingkat kerusakan (Intensitas) tertinggi pada skala VIII MMI (Modified Mercalli Intensity), dan tergolong dalam tingkat Risiko Tinggi. Daerah dengan tingkat risiko tinggi yang pernah terjadi bencana gempabumi adalah Mojokerto (22-03-1836); Tulungagung (15-08-1896); Wlingi-Blitar, Madiun, Magetan (01-12-1915); Surabaya (11-08-1939), Bangunan rusak di Brondong-Lamongan); Gresik (19-06-1950); Malang (20-10-1958, M: 6.7 SR); Tulungagung (07-05-1961); Malang (20-02-1967, M: 6.2 SR, 14 orang meninggal, 72 orang luka (Malang), Dampit: 9 orang meninggal, 49 orang luka); Banyuwangi (03-06-1994, gempa dan tsunami di Banyuwangi, 238 orang meninggal) [5].

Daerah Ponorogo bedasarkan sejarah kejadian pernah dilanda gempabumi merusak tahun 1963 dan dirasakan pada Intensitas V-IV MMI. Dengan nilai Intensitas ini menunjukan bahwa getaran gempa tersebut dirasakan oleh semua penduduk, kebanyakan lari keluar rumah, plester dinding dan cerobong asap pabrik rusak, terjadi kerusakan ringan pada bangunan yang memiliki konstruksi baik. Data BMKG Pusat Gempa Nasional, menunjukan bahwa dalam kurun waktu 1990 sd 2010

terjadi 6 kali gempa bumi di daerah Ponorogo yaitu: tanggal 22-01-1993 dengan kekuatan 3.7 SR, tanggal 06-12-1993 kekuatan 4.2 SR, tanggal 12-03-1996 kekuatan 4.9 SR, tanggal 15-01-1998 kekuatan 4.4 SR, tanggal 01-02-1998 kekuatan 4.9 SR, tanggal 09-08-1999 kekuatan 5.6 SR [6]. Dari data ini dua kali kejadian gempabumi terdapat di daerah Pulung satu diantaranya dengan magnitudo 5.6 SR kedalaman dangkal dan (Gambar Gempabumi dengan kekuatan di bawah 6 SR, terjadi kembali di daerah Pulung pada bulan Februari 2011 yang sangat meresahkan penduduk.



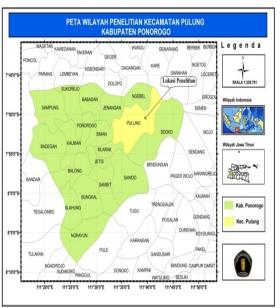
Gambar 1. Peta gempabumi daerah Ponorogo periode 1990-2010.

Hal ini yang melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian, Penentuan Seismisitas Dengan Metode Grid Searching (Studi Kasus Gempabumi Pulung Kabupaten Ponorogo Februari 2011).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian. Wilayah penelitian adalah Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur. Secara astronomik terletak pada posisi: 111°

17' - 111° 52' Bujur Timur, 7° 49' - 8° 20' Lintang Selatan. Secara administratif memiliki 18 buah desa, berbatasan dengan kecamatan, sebelah Utara: Kecamatan Ngebel, Timur: Kecamatan Sooko, Selatan: Kecamatan Sawoo, Barat: Kecamatan Siman. Jumlah pendudukdan sampai dengan tahun 2009 adalah 55.594 jiwa dengan perbandingan lakilaki 27.624 jiwa dan perempuan 27.970 jiwa [7]. Wilayah penelitian ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta wilayah penelitian terhadap kab. Ponorogo.

Penelitian "Penentuan Seismisitas Dengan Metode Grid Searching (Studi Kasus Gempabumi Pulung Kabupaten Ponorogo Februari 2011)" ini dilaksanakan dari bulan Februari 2011 hingga Mei 2011. Pengambilan data sekunder dan pengolahan data hasil survey dilakukan di Stasiun Geofisika Klas II Tretes. Sedangkan pengambilan data primer dilakukan survey lapangan bertempat di desa Pulung Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo.

Alat dan Bahan Penelitian. Adapun alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini meliputi alat dalam pengambilan data dilapangan dan alat pendukungnya yang terdiri dari Sensor Broadband 3 komponen, Digitizer, GPS, Kompas, Accu dan Panel surya, Inverter,

1 Unit laptop dengan sistem operasi *windows* XP.

Bahan yang digunakan untuk pengambilan data primer dalam penelitian ini adalah *Digital Portable Seismograph* 3 komponen jenis TDS 3.0. *Software* TDS 3.0 yang terdiri dari MonoST digunakan untuk menampilkan sinyal hasil rekaman sensor TDS 3.0 secara *real-time*, Data Pro digunakan untuk mengolah sinyal gempabumi yang telah terekam oleh sensor TDS 3.0, Netrec digunakan untuk mendownload data yang tersimpan di dalam digitizer.

Metode Pengambilan Data. Metode yang digunakan dalam penelitian "Penentuan Seismisitas dan Tingkat Risiko gempabumi di Daerah Pulung, Kabupaten Ponorogo, Studi Kasus Gempabumi Pulung Februari 2011" ini adalah Survey dan Kepustakaan.

Teknik Pengumpulan Data. Data primer di lokasi penelitian yaitu di daerah Pulung Kabupaten Ponorogo dengan menggunakan peralatan Digital Portable Seismograph 3 komponen dengan software MonoST. Berikut adalah data lokasi pengamatan tempat dilakukan penelitian:

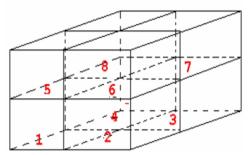
Tabel 1. Lokasi pengamatan.

No	Nama Pos	Latitude	Longitude
1	Pulung	-781.365°	1.116.532°
2	Sawahan	-773.486°	1.117.668°

Data sekunder dikumpulan dari stasiun geofisika Sawahan Nganjuk, Karangkates dan Tretes dilakukan pengolahan sedemikian rupa dengan *software* seismologi yang ada.

Metode Analisis Data. Metode analisis data yang digunakan dalam merelokasi episenter gempabumi di daerah Pulung Kabupaten Ponorogo hasil pengolahan dengan software MonoST adalah Guided Grid Search. Pada metode ini ruang model dibagi menjadi delapan blok dan setiap titik tengah blok dijadikan model awal untuk dilakukan perhitungan forward modeling (Gambar 2). Solusi awal dilakukan dengan memperhatikan harga fungsi obyektif minimum delapan titik model tersebut. Titik tengah blok (model) yang

memiliki fungsi obyektif minimum tersebut yang kita pilih. Selanjutnya blok yang terpilih dibagi lagi menjadi delapan blok dengan ukuran yang lebih kecil. Hal itu terus diulang hingga mendapatkan fungsi obyektif paling minimum. Dalam penentuan parameter gempa bumi fungsi obyektif tersebut adalah selisih waktu tiba observasi dengan waktu tiba perhitungan.



Gambar 3. Pembagian blok untuk forward modeling.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Gempabumi. Data gempabumi yang digunakan dalam penulisan ini terdiri dari data hasil survey di Kecamatan Pulung kabupaten Ponorogo dan jaringan existing InaTEWS yang terpasang di sekitar lokasi kejadian terdekat. Gempa sintetik dilakukan dengan membuat suatu sumber gempa baik di dalam maupun diluar jaringan stasiun seismik untuk kepentingan verifikasi program yang digunakan. Sedangkan sumber gempa sesungguhnya digunakan beberapa kejadian gempabumi baik yang sangat merusak maupun kejadian gempa yang masih menjadi perdebatan lokasinya.

Stasiun pencatat data sumber gempa (gempa sintetik maupun gempa sesungguhnya) menggunakan stasiun pencatat sensor gempabumi yang berjumlah 3 stasiun di sekitar lokasi. Stasiun pencatat ini menggunakan peralatan seismograph broadband 3 komponen. Sehingga diharapkan dengan luasnya jaringan pengamatan gempabumi, hasil yang diperoleh lebih akurat.

Struktur kecepatan yang digunakan adalah struktur kecepatan 3D Busur Sunda. Dimana pada model ini kecepatan lapisan bumi bersifat

heterogen dalam arah vertikal maupun horisontal.

Parameter gempa yang dicari dalam penulisan ini adalah koordinat sumber gempa (xo, yo dan zo). Hal ini dikarenakan koordinat sumber gempa sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi setempat. Dalam hal penentuan waktu gempa (origin time) untuk sumber gempa sesungguhnya digunakan waktu gempa hasil pengolahan BMKG.

Pengolahan Data Sumber Gempa. Pengolahan data sumber gempa dalam studi ini dilakukan dalam 2 tahap. Yang pertama sebagai langkah awal adalah menguji program yang digunakan menggunakan sumber gempa sintetik/rekaan/hipotetik. Lokasi sumber gempa sintetik diberikan pada satu lokasi yaitu di poros jaringan InaTEWS yang terdekat dengan Kecamatan Pulung. Jaringan stasiun seismik yang digunakan disebar sedemikian sehingga episenter hipotetik ada di dalam jaringan stasiun.

Waktu tiba gelombang gempa pada masing-masing stasiun seismik ditentukan dengan ray tracing pseudo bending dari sumber gempa ke stasiun seismik dan model kecepatan struktur 3D. Dalam penentuan waktu tiba gelombang gempa penulis mengasumsikan ketinggian semua stasiun seismik adalah nol (mean sea level). Koordinat geografi yang digunakan sudah mempertimbangkan bentuk spheris bumi (spherical coordinate system).

Langkah selanjutnya dalam tahap pengujian ini adalah membuat blok untuk pemodelan kedepan (forward modelling). Koordinat bujur maksimum model (Xmax) = 110° BT, koordinat bujur minimum model (Xmin) = 112° BT. Sedangkan untuk lintang maksimum model (Ymax) = 8° LU, koordinat lintang minimum model (Ymin) = 6° LS. Koordinat tersebut mewakili daerah penelitian penulis yaitu Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo. Kedalaman model yang digunakan berkisar pada kedalaman 0 km - 100 km.

Dari ruang model blok tersebut di atas, dibagi menjadi delapan blok dengan ukuran yang sama besar. Titik tengah dari kedelapan blok dijadikan model awal (hiposenter tebakan) untuk mencari travel time masingmasing ke semua stasiun pencatat dengan ray tracing pseudo bending. Travel time yang dicatat stasiun untuk kedelapan hiposenter dianalisis fungsi obyektif minimumnya dengan waktu tiba gelombang gempa. E_{RMS} (error root mean square rata – rata dari pengukuran) (ketidakpastian) kedelapan hiposenter tebakan tersebut dipilih titik tengah blok yang memiliki fungsi obyektif minimum. Blok model yang memilki E_{RMS} minimum dibagi lagi menjadi delapan blok dengan ukuran yang sama satu dengan yang lain. Titik tengah-titik tengah dari blok model kedua ini dijadikan model kedepan untuk dicari travel time masing- masing ke semua stasiun seismik pencatat. Iterasi tersebut di atas terus dilakukan hingga diperoleh E_{RMS} paling minimum. Kriteria pemberhentian iterasi yang berjalan $(E_{RMS} (i+1) - E_{RMS} (i))$ adalah 0.01. pemberhentian Nilai kriteria didasarkan pada perubahan error pada iterasi yang terjadi bernilai konstan.

Hasil dari pengolahan data tersebut hiposenter gempa adalah (xo, yo, zo).Hiposenter hasil relokasi ini kemudian dilakukan verifikasi dengan sumber episenter hipotetik yang diberikan. Apabila terjadi pergeseran posisi episenter hipotetik yang cukup signifikan (ditunjukkan oleh nilai E_{RMS}), baik terhadap koordinat lintang, bujur ataupun kedalaman, maka program tersebut belum benar. Sehingga perlu dianalisis kembali program yang digunakan dalam pengolahan data tersebut. Jika hasil iterasi tersebut kembali ke posisi episenter hipotetik yang diberikan (ditunjukkan oleh nilai E_{RMS} yang kecil) maka program yang digunakan cukup baik untuk melakukan relokasi kejadian gempabumi yang sesungguhnya.

Tahapan kedua dari pengolahan data adalah melakukan relokasi beberapa kejadian gempa bumi yang dicatat oleh BMKG setelah diyakini program yang digunakan cukup baik pada tahap pertama di atas. Kejadian gempa bumi yang direlokasi ditabulasikan dalam tabel. Langkah-langkah pengolahan data/

relokasi masing-masing kejadian gempabumi sama dengan langkah yang telah dijelaskan pada tahap pengujian di atas.

Seismisitas yang akan direlokasi dipilih didasarkan pada perbedaan posisi sumber gempa antara BMKG dan USGS, letak kedalaman sumber gempa pada kedalaman 33 km yang merupakan nilai standar awal kedalaman gempa pada software bersangkutan dan cakupan jaringan stasiun seismik pencatat pada suatu kejadian gempabumi. Hasil dari relokasi ini kemudian dilakukan verifikasi dengan kejadian gempa hasil pengolahan software MonoST.

Software MonoST digunakan untuk penentuan parameter gempa bumi dengan sinyal 3 komponen single station. Tahapan pengolahan signal yaitu dengan melakukan picking waktu tiba gelombang P dan S. Gelombang P terlihat jelas pada komponen vertikal sedangkan gelombang S lebih jelas terlihat pada komponen horizontal. Pada proses penentuan pusat gempabumi, software monoST menyediakan 2 macam pilihan lokalisasi gempabumi yaitu set pos of near eartquake untuk melokalisasi gempabumi dekat dengan setting kedalaman pusat gempabumi 10 km dan set pos of teleseism earthquake untuk gempabumi jauh dengan setting kedalaman 33 km. Setiap pilihan lokalisasi gempabumi menggunakan model kecepatan gelombang seismik yang berbeda karena asumsi tipe medium penjalaran gelombangnya juga berbeda.

Data hasil pengamatan di Desa Pulung Kecamatan Pulung Kabupaten Ponorogo tanggal 6 Februari 2011 ditunjukan pada Tabel 2.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa hasil analisis dengan software MonoST, menghasilkan 10 epicenter gempabumi dengan parameter kedalaman sama untuk semua epicenter yaitu 33 km dan koordinat epicenter berada pada enam desa yaitu desa Sidoharjo terdapat 1 epicenter, Plunturan 2 epicenter, Wotan 3 epicenter, Patik 1 epicenter, Serag 1 epicenter, Banaran 1 epicenter. Sedangkan 1 epicenter berada di sebelah Barat Kecamatan Pulung yaitu Kecamatan Siman. Sedangkan

nilai Magnitudo didapat 1.4 SR sampai dengan 2 SR. Pengamatan ini terekam di *Digital Portable Seismograph* di lokasi pengamatan Desa Pulung tanggal 06 Februari 2011.

Tabel 2. Sumber gempabumi hasil analisis menggunakan software MonoST.

Analisis Pusat Gempa Sebelum Grid Search								
Origin Time (WIB)	First P- wave (WIB)	Longitude	Latitude	RMS	Focal Depth (Km)	Magnitude (MI)		
2:49:12	49:14.1	111.6106	-7.8558	2.2311	33	1.8		
2:53:25	53:27.3	111.6672	-7.8427	1.3068	33	2		
3:04:06	04:08.4	111.5754	-7.8434	1.486	33	1.7		
3:10:23	10:25.5	111.5403	-7.8524	1.3913	33	1.4		
3:15:02	15:04.2	111.5719	-7.8575	1.2621	33	1.6		
3:20:27	20:29.4	111.6218	-7.8485	1.4565	33	1.8		
3:54:44	54:46.3	111.5757	-7.8469	1.0185	33	1.6		
4:21:53	21:56.1	111.6222	-7.8375	1.2214	33	1.6		
4:29:32	29:34.7	111.6295	-7.8549	2.4447	33	1.6		
5:22:57	23:00.1	111.6157	-7.8476	1.4883	33	1.9		

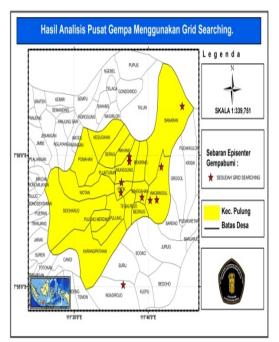


Gambar 4 Hasil analisis pusat gempabumi menggunakan Software MonoST.

Dari hasil pengolahan dengan software MonoST ini, dilakukan relokasi epicenter dengan *Metoda Grid Search* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis menggunakan *metoda grid search*.

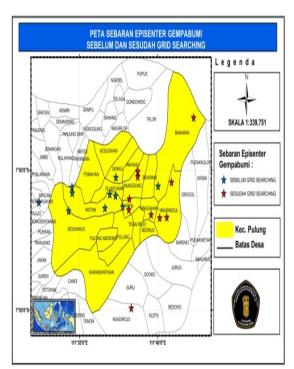
Analisis Pusat Gempa Setelah Grid Search								
Origin Time (WIB)	First P- wave (WIB)	Longitude	Latitude	RMS	Corr. OT	Focal Depth (Km)	Magnitude (MI)	
49:12.4	49:14.1	111.7303	-7.8122	0.4973	0.3812	2.35	1.8	
53:24.0	53:27.3	111.636	-7.8568	1.6804	-1.0463	6.28	2	
04:04.9	04:08.4	111.6366	-7.8503	1.6413	-1.0617	6.37	1.7	
10:22.0	10:25.5	111.6455	-7.8371	2.1308	-0.9802	5.9	1.4	
15:00.8	15:04.2	111.6456	-7.834	1.7342	-1.2149	7.25	1.6	
20:26.5	20:29.4	111.6689	-7.8616	0.8316	-0.472	2.9	1.8	
54:43.5	54:46.3	111.6764	-7.8613	0.967	-0.5018	3.08	1.6	
21:52.9	21:56.1	111.6815	-7.8404	1.5639	-0.0974	0.608	1.6	
29:31.2	29:34.7	111.6386	-7.9153	2.8582	-0.8414	5.09	1.6	
22:56.9	23:00.1	111.6597	-7.8597	0.5485	-0.0852	0.532	1.9	



Gambar 5. Hasil analisis pusat gempabumi menggunakan metode grid searching.

Setelah dilakukan relokasi menggunakan *Metoda Grid Searching* diperoleh revisi parameter gempabumi sesungguhnya (Gambar 5) yaitu didapat variasi kedalaman dan bergesernya lokasi sumber gempabumi.

Distribusi episenter gempabumi bergeser relatif ke arah Selatan - Timur dari distribusi sebelumnya. Hal ini sesuai dengan hipotesa bahwa pusat gempabumi yang terjadi berada di daerah Pulung dan sekitarnya. Posisi baru hasil relokasi berada di Desa: Wagir Kidul 3 epicenter, Singgahan 1 epicenter, Patik 1 epicenter, Munggung 3 epicenter, Banaran 1 epicenter. Sedangkan 1 epicenter berada di Selatan yaitu di Kecamatan Sawo.



Gambar 6. Hasil analisis sebaran episenter gempabumi sebelum dan sesudah grid searching.

Hasil analisis sebelum dan sesudah relokasi seismisitas pada gambar 6, terlihat bahwa koordinat epicenter bergeser dari 7.8375° LS - 7.8575° LS dan 111.5403° BT -111.6672° BT ke arah Selatan - Timur pada koordinat 7.8122° LS - 7.153° LS dan 111.6360° BT - 111.7303° BT. Selain itu terdapat perbaikan kedalaman gempabumi pada masing-masing epicenter gempabumi. Semula berada pada kedalaman 33 km, menjadi bervariasi antara 0.532 km berarti bahwa kedalaman 7.250 km. Ini gempabumi yang diperoleh jauh lebih dangkal dan distribusi epicenter berubah dari hasil pengolahan data sebelumnya.

Hal ini disebabkan karena hasil analisis single statiun belum memperoleh parameter gempabumi yang sesungguhnya, maka digunakan metode grid search untuk mencari nilai E_{RMS} paling minimum, yang dijadikan dasar dalam melakukan relokasi. Relokasi seismisitas yang dilakukan berbasis multi station. Metode ini menghitung nilai E_{RMS} error antara travel time gelombang gempabumi teoritis dan observasi sepanjang ruang 3 dimensi yaitu lintang, bujur dan kedalaman. Titik dengan nilai lintang, bujur dan kedalaman tertentu yang memiliki nilai E_{RMS} error paling kecil atau mendekati nol dinyatakan sebagai epicenter gempabumi. Dalam penerapannya metode ini dinilai mampu melakukan revisi seismisitas dengan lebih akurat dibandingkan dengan metode yang menggunakan single station.

Efek getaran gempabumi bulan Februari 2011, hanya dirasakan di daerah Pulung dan sekitarnya saja, dengan Intensitas berkisar pada II – III MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Apabila kedalaman gempa yang diperoleh lebih dalam, maka efek getaran yang ditimbulkannya akan mencakup wilayah yang lebih luas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diuraikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis parameter gempabumi sebelum dilakukan relokasi menunjukan bahwa distribusi lokasi pusat gempabumi berada di bagian Utara daerah Pulung dengan ruang lingkup wilayah 7.8375° LS - 7.8575° LS dan 111.5403° BT - 111.6672° BT. Kekuatan gempabumi atau Magnitudo diperoleh hasil M= 1.4 SR - 2 SR dan kedalaman pusat gempabumi untuk 10 keseluruhannya event, berada pada

- kedalaman yang sama yaitu 33 km. Seismisitas hasil relokasi dengan metode *Grid Searching*, bergeser ke bagian Timur daerah Pulung pada koordinat 7.8122° LS 7.153° LS dan 111.6360° BT 111.7303° BT. Kedalaman pusat gempabumi bervariasi H= 0.532 km 7.250 km, Magnitudo gempabumi M= 1.4 SR 2.0 SR
- Kecamatan Pulung Kabupaten Ponorogo memeiliki 18 Desa, dan dari hasil penelitian penentuan seismisitas menunjukan bahwa Desa yang berdekatan dengan sumber gempabumi adalah Wagir Kidul, Singgahan, Patik, Munggung, dan Banaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BNPB. (2008), Himpunan Peraturan Perundangan Tentang Penanggulangan Bencana, Jakarta.
- [2] Munir, M. (2003), *Geologi Lingkungan*, Penerbit Bayumedia, Malang.
- [3] Suhardjono (2007), Peningkatan Kemampuan Pengamatan Gempabumi, Jakarta.
- [4] Pamuji, H., Prihatnala, S., Sujatmiko, A. (2011), *Waspadai Sesar Grindulu*, sumber Gatra.
- [5] BMKG Tretes (2011), Potensi Gempabumi dan Tsunami di JawaTimur, makalah disampaikan pada Rapat Koordinasi Penanggulangan Bencana BPBD Prov. Jatim.
- [6] BMKG. (2005), Gempabumi dan Tsunami di Indonesia, BMG Jakarta.
- [7] BNPB. (2008), Himpunan Peraturan Perundangan Tentang Penanggulangan Bencana, Jakarta.
- [8] BPS Kab. Ponorogo (2010), *Kecamatan Pulung Dalam Angka*, Ponorogo.