

## **Studi Analisis Parameter Gempa Bengkulu Berdasarkan Data Single-Station dan Multi-Station serta Pola Sebarannya**

*Arif Ismul Hadi, Suhendra, dan Efriyadi*

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Bengkulu, E-mail: [ismulhadi@yahoo.com](mailto:ismulhadi@yahoo.com)*

### **Abstract**

*The purpose of this research is to analyze of tectonic earthquake parameter value in Bengkulu Province based on single-station data of BMKG Kepahyang, Bengkulu and multi-station data of BMKG Center, Jakarta along with determine its distribution model from January 2005 until March 2009. The results show that distance difference of mean earthquake epicenter is 28.60 km. The distribution of earthquake in Bengkulu Province from January 2005 until March 2009 had majority distributed in Hindia Oceanic and its mean earthquake included shallow earthquake (<70 km).*

**Keywords:** *Earthquake parameter, single-station, multi-station, magnitude, and epicenter.*

### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai parameter gempa bumi tektonik di Provinsi Bengkulu berdasarkan data single-station BMKG Kepahyang, Bengkulu dan data multi-station BMKG Pusat, Jakarta serta mengetahui pola sebaran gempa dari Bulan Januari 2005 sampai Maret 2009. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan magnitudo rata-rata antara kedua metode ini adalah 0,41 SR dan perbedaan jarak episenter gempa rata-rata adalah 28,60 km. Sebaran gempa di Provinsi Bengkulu dari Bulan Januari 2005 sampai dengan Maret 2009 sebagian besar tersebar di Samudera Hindia dan rata-rata gempa tersebut termasuk dalam kategori gempa dangkal (<70 km).*

**Kata Kunci:** *Parameter gempa, single-station, multi-station, magnitudo, dan episenter.*

### **PENDAHULUAN**

Provinsi Bengkulu merupakan salah satu provinsi yang terletak pada pertemuan lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia yang merupakan generator utama aktivitas gempa bumi tinggi. Gerakan yang diakibatkan kedua lempeng tersebut bisa menimbulkan terjadinya patahan aktif yang merupakan generator seismisitas di belahan Sumatera ini. Bengkulu juga berada di antara dua patahan aktif yakni patahan Semangko dan Mentawai. Kondisi di atas menjadikan Provinsi Bengkulu sebagai daerah paling rawan terhadap bencana gempa bumi.

Bengkulu telah digoncang dua kali gempa tektonik berskala besar dalam kurun waktu yang relatif singkat yakni pada tahun 2000 dan tahun 2007. Pada tanggal 4 Juni 2000, Bengkulu di

goncang gempa bumi tektonik dengan kekuatan 7,3 pada Skala Richter (SR). Kemudian gempa besar kembali terjadi di Bengkulu pada tanggal 12 September 2007 dengan kekuatan 7,9 SR. Gempa utama berikut gempa susulannya telah banyak menelan korban jiwa, harta benda, dan menghancurkan fasilitas umum. Menurut sejarah Provinsi Bengkulu telah beberapa kali digoncang gempa besar seperti pada tanggal 24 November 1833 (VIII-IX MMI), 18 Agustus 1938 (VII MMI), 18 Agustus 1871 (VI-VII MMI), 26 Juni 1914 (VII-VIII MMI), 24 Nopember 1933 (VIII- IX MMI) dan 15 Desember 1979 (VIII MMI) (BMG, 2007).

Untuk mengetahui pola sebaran gempa di Provinsi Bengkulu, perlu dipelajari parameter gempa di daerah tersebut. Penelitian ini mengkaji tentang

studi analisis gempa yang ada di Provinsi Bengkulu berdasarkan metode single-station yang didapatkan dari BMKG Kepahiang sedangkan data pembandingnya dari BMKG Pusat yang menggunakan metode multi-station.

Kebanyakan gempa bumi disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang dilakukan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Gempa bumi yang paling parah biasanya terjadi di perbatasan lempengan kompresional dan translasional. Gempa bumi fokus dalam kemungkinan besar terjadi karena materi lapisan litosfer yang terjepit ke dalam mengalami transisi fase pada kedalaman lebih dari 600 km (Reed, 1995).

Gempa bumi merupakan gejala fisik yang ditandai dengan bergetarnya bumi dengan berbagai intensitas. Getaran-getaran tersebut terjadi karena terlepasnya energi secara tiba-tiba. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh bergesernya kerak bumi. Ketika lempeng tektonik saling membentur dan didorong ke arah selubung, maka tekanan besar terjadi dalam kerak. Jika tekanan dalam batuan terlalu besar, batuan akan retak membentuk patahan (Maynard, 1984). Suatu pergeseran dalam bidang retakan/patahan beberapa sentimeter saja dapat melibatkan jutaan ton batuan dan menyebabkan gelombang-gelombang berenergi dahsyat akan muncul ke permukaan, memecah dan mengangkat tanah. Salah satu kegiatan alam yang bersifat merusak adalah proses pergerakan lapisan kulit bumi secara tiba-tiba akibat terlepasnya suatu akumulasi energi. Gempa tektonik terjadi karena adanya pelepasan energi yang telah lama tertimbun tersebut. Gempa tektonik biasanya jauh lebih kuat getarannya dibandingkan dengan gempa vulkanik,

maka getaran gempa yang merusak bangunan kebanyakan disebabkan oleh gempa tektonik.

Semakin besar energi yang dilepas makin kuat gempa yang terjadi. Lapisan kulit bumi dengan ketebalan 100 km mempunyai temperatur yang relatif jauh lebih rendah daripada lapisan di bawahnya (mantel dan inti bumi), sehingga terjadi aliran konveksi dimana massa dengan temperatur lebih tinggi mengalir ke temperatur rendah atau sebaliknya. Teori aliran konveksi ini terus berkembang untuk menerangkan proses pergeseran lempeng lempeng sebagai penyebab utama gempa tektonik (Fauzi, 2006).

Berdasarkan teori tektonik lempeng, mekanisme terjadinya gempa tektonik Bengkulu akibat lempeng tektonik yang bergerak menunjam pada salah satu lempeng *subduction* (penyusupan), dimana lempeng Indo-Australia bergerak masuk di bawah lempeng Eurasia sehingga terbentuk zona subduksi. Pertemuan lempeng ini menyebabkan terbentuknya retakan/patahan pada zona subduksi (*subduction zone*), sehingga terjadi getaran yang menimbulkan gempa bumi tektonik. Gempa bumi yang telah melanda Bengkulu tahun 2000 dan 2007 merupakan contoh proses pergerakan lempeng tektonik di batas-batas lempeng, yaitu proses subduksi.

Gelombang gempa merupakan gangguan elastis dan ketika batas elastisitas dilampaui batuan yang dilaluinya akan kembali ke bentuk semula. Oleh karena itu gelombang seismik diukur saat batuan bergetar seismograf. Gelombang ini terdiri dari gelombang badan dan gelombang permukaan. Gelombang badan adalah gelombang gempa yang dapat merambat di lapisan bumi. Gelombang badan, menjalar menjauhi fokus dan mampu merambat ke segala arah. Jenis gelombang badan yang pertama adalah gelombang kompresi (*compressional*

waves). Gelombang kompresi merupakan pulsa-pulsa bergantian (*alternating pulsa*) antar *compress* dan tarikan (*extension*) yang bergerak searah dengan jalan gelombang. Pemampatan dan peregangan menyebabkan perubahan volume dan densitas medium.

Gelombang kompresi dapat merambat dalam medium padat, cair maupun gas karena ketiganya menanggung perubahan densitas. Ketika gelombang kompresi melalui suatu medium, kompresi menekan atom-atom saling mendekat. Tarikan atau peregangan merupakan reaksi elastis (*elastics respon*) terhadap pemampatan dan menjarangkan jarak antar atom. Partikel bergerak maju mundur, searah gerak gelombang, sehingga dinamakan gelombang longitudinal/gelombang primer/gelombang *P*. Gelombang kompresi memiliki kecepatan paling tinggi di antara gelombang lainnya. Gelombang kompresi merupakan gelombang pertama yang mencapai stasiun pencatat gempa (Waluyo, 1999).

Pada suatu medium kecepatan gelombang *P* selalu lebih besar dari pada kecepatan gelombang *S*, hal ini dapat kita lihat dari sifat gelombang tersebut. Gelombang *P* dapat menjalar dalam segala medium (baik medium padat, cair, maupun gas). Gerakan partikel medium yang dilewati gelombang ini adalah searah dengan arah penjalaran gelombangnya. Kecepatan gelombang *P* adalah (Bolt, 1978):

$$v_P = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (1)$$

dengan :  $K$  = modulus Bulk,  $\mu$  = modulus geser, dan  $\rho$  = densitas medium.

Gelombang *S*/ gelombang sekunder / gelombang transversal hanya dapat menjalar dalam medium padat. Gerakan partikel yang disebabkan oleh gelombang ini tegak lurus arah

penjalaran gelombangnya. Kecepatan gelombang *S* adalah (Bolt, 1978):

$$v_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2)$$

Gelombang permukaan adalah gelombang gempa yang merambat di permukaan bumi. Penampakan gelombang permukaan sangat mirip dengan gelombang *P* dan *S*, tetapi bergerak atau merambat pada permukaan bumi, bukan di dalam bumi seperti gelombang badan. Kecepatannya lebih rendah dari gelombang *P* dan *S*, oleh karena itu terekam pada stasiun gempa terakhir kali. Gelombang permukaan merambat di permukaan bumi sebagai getaran horizontal dan vertikal. Ada dua macam gelombang permukaan, yaitu gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*. Gelombang *Rayleigh* menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkular, sedangkan gelombang *Love* menimbulkan efek gerakan tanah yang horizontal, dan tidak menghasilkan perpindahan vertikal. Kecepatan merambat kedua gelombang permukaan ini selalu lebih kecil daripada kecepatan gelombang *P*, dan umumnya lebih lambat daripada gelombang *S*.

Metode *single-station* merupakan salah satu pengolahan data gempa dengan menggunakan satu stasiun pencatat gempa. Metode ini menentukan parameter gempa bumi dari catatan seismograf pada satu stasiun yang menggunakan seismometer tiga komponen. Satu komponen vertikal: *Z* dan dua komponen horizontal: *North-South* dan *East-West*.

Hal yang terpenting pada metoda *single-station* adalah *particle motion* (lokus), yaitu gerakan tanah akibat gempa yang tercatat oleh seismometer. Amplitudo pada gerakan awal sinyal gempa yang tercatat pada masing-masing komponen dapat menentukan dari mana arah pusat gempa. Secara sederhana dapat

ditentukan arah episenter menggunakan metode grafis.

Pada metode *single-station* ini dapat digunakan salah satu *software* untuk melihat parameter gempa yang terjadi di suatu tempat. *Software* WGSNPLOT merupakan *software* aplikasi yang termasuk dalam jenis *open source software*. *Software* ini digunakan untuk mengetahui sumber gempa yang terjadi di suatu daerah tertentu. *Software* ini merupakan salah satu *software* analisa gempa dengan menggunakan *single-station* yang dapat mengkonversi data mentah yang masih berbentuk format BHE, BHZ, dan BHN menjadi data gempa yang didalamnya dapat diketahui pusat, magnitude, dan waktu terjadinya gempa.

Penentuan parameter gempa dengan menggunakan metode *multi-station* harus minimal mempunyai tiga stasiun pencatat gempa. Cara yang digunakan pada metode ini yakni menentukan episentrum dengan menggunakan tiga stasiun yang mencatat getaran gempa pada saat yang bersamaan. Stasiun-stasiun itu dihubungkan dengan garis lurus, stasiun *A* ke stasiun *B* dan stasiun *B* ke stasiun *C*. Selanjutnya dari garis-garis lurus tersebut dicari titik tengahnya kemudian dibuat garis tegak lurus dan titik potongnya merupakan episentrum gempa.

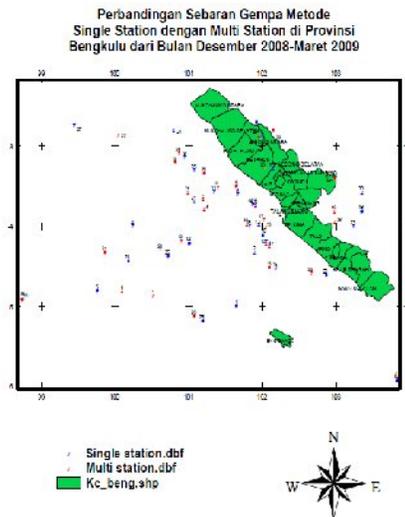
Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai parameter gempa bumi tektonik di Provinsi Bengkulu berdasarkan data *single-station* BMKG Kepahiang, Bengkulu dan data *multi-station* BMKG Pusat, Jakarta serta mengetahui pola sebaran gempa di Provinsi Bengkulu dari Bulan Januari 2005 sampai Maret 2009.

### Hasil dan Diskusi

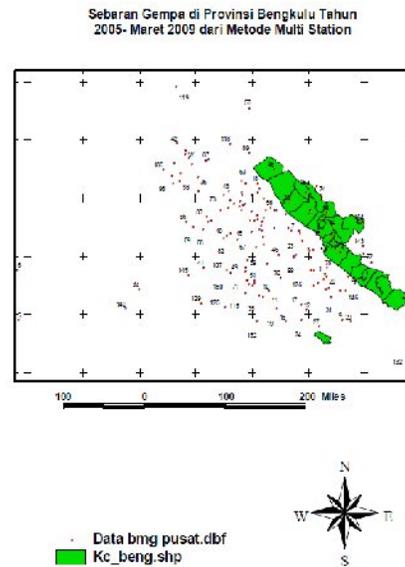
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *single-station* yang berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kepahiang, Bengkulu dan diolah *Software* WGSNPLOT, sedangkan data pembandingnya adalah data *multi-station* yang berasal dari BMKG Pusat, Jakarta. Hasil pengolahan data dengan menggunakan *Software* WGSNPLOT ini jika dibandingkan dengan hasil pada metode *multi-station* menunjukkan bahwa adanya perbedaan dengan selisih rata-rata sebesar 0,41 SR dan perbedaan maksimum sebesar 0,95 SR.

Jumlah data yang diolah dengan menggunakan *Software* WGSNPLOT ini sebanyak 31 data gempa yakni data dari bulan Desember 2008–Maret 2009. Hasil plot sebaran gempa dua metode ini dapat dilihat pada Gambar 1. Selisih jarak terpanjang antara pengolahan data gempa dengan metode *single station* dan *multi station* yakni sebesar 125,78 km, sedangkan jarak terpendek sebesar 3,49 km dengan rata-rata selisih jaraknya sebesar 28,60 km.

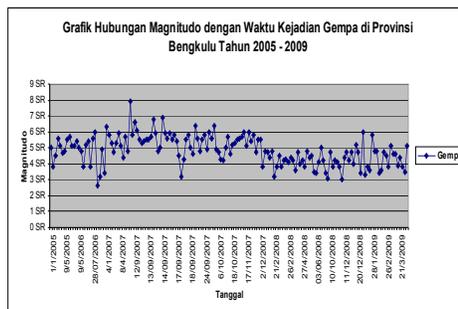
Data pola sebaran gempa Provinsi Bengkulu dari bulan Januari 2005 – Maret 2009 ini berasal dari stasiun pengamat gempa BMKG Pusat. Dari hasil pencatat gempa terdapat 155 data gempa dengan skala lebih dari 3 SR. Gempa dengan skala lebih dari 3 SR terjadi paling banyak pada tahun 2007 dengan jumlah 66 gempa dan selanjutnya pada tahun-tahun berikutnya menurun. Ini mengidentifikasi bahwa pelepasan energi gempa setelah tahun 2007 ini berkurang. Gempa dari Januari 2005 sampai Maret 2009 ini apabila digambarkan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan Sebaran gempa untuk metode *single-station* dengan *multi-station* di Provinsi Bengkulu dari bulan Desember 2008-Maret 2009.



Gambar 3. Sebaran gempa di Provinsi Bengkulu dalam kurun waktu empat tahun (2005-2009).



Gambar 2. Grafik hubungan magnitudo dengan waktu terjadinya gempa metode multi station di Provinsi Bengkulu dari tahun 2005-2009.

Gambar 2 menunjukkan bahwa di Provinsi Bengkulu gempa terbesar terjadi pada tanggal 12 september 2007 dengan kekuatan 7,9 SR yang termasuk dalam kategori gempa dangkal. Adapun sebaran gempa di Provinsi Bengkulu dari tahun 2005 sampai Maret 2009 yang diperoleh dari data BMKG Pusat dengan menggunakan metode *multi-station* yang dihasilkan dari pengolahan *Software GIS* dapat dilihat pada gambar 3. Sebaran gempa tersebut banyak terjadi dilaut dan hanya sedikit yang terjadi di daratan Provinsi Bengkulu.

Hasil pengolahan ini menunjukkan bahwa antara metode *single-station* dengan metode *multi-station* terdapat perbedaan. Pada metode *single-station*, penentuan magnitudo dengan merata-ratakan nilai MPV dan nilai MSH. Nilai MPV ini dipengaruhi saat waktu penentuan gelombang *P*, sedangkan nilai MSH dipengaruhi saat penentuan gelombang *S*.

Untuk gempa pada bulan Desember 2008 – Maret 2009 terdapat 31 kali gempa dengan skala rata-rata lebih dari 3 SR. Selisih antara kedua metode itu tidak lebih dari 0,95 SR. Selisih terbesar terjadi pada tanggal 29 Desember 2008 dimana *output* dari *Software WGSNPlot* yang menggunakan metode *single-station* sebesar 4,35 SR, sedangkan hasil pengolahan dengan metode *multi-station* sebesar 3,4 SR. Pengolahan dengan menggunakan *Software WGSNPlot*, perbedaan tersebut diakibatkan oleh penentuan amplitudo gelombang *P* dan gelombang *S*. Akan tetapi sebagai acuan penentuan gelombang *P* ditentukan

dengan mencari amplitudo tertinggi dan tidak lebih dari 6 s dari gelombang *P*, sedangkan amplitudo gelombang *S* ditentukan dengan mencari amplitudo tertinggi dan tidak lebih dari 10 s dari gelombang *S*.

Pada metode *single-station* penentuan gelombang *P* dan gelombang *S* akan berpengaruh pada episenter gempa tersebut. Penentuan gelombang *P* dan gelombang *S* perlu mencermati beberapa hal. Pertama, untuk menentukan gelombang *P* yakni sinyal pertama yang masuk. Dalam beberapa kasus sinyal pertama yang masuk itu bukan gelombang *P* karena adanya gangguan dari luar (seismometer) itu sendiri, sehingga perlu adanya filter ke sinyal gelombang *W-A* seperti yang terjadi pada sinyal gelombang tanggal 3 Desember 2008. Kedua, untuk menentukan gelombang *S* yakni sinyal yang masuk setelah gelombang *P*. Sinyal gelombang ini setelah adanya regangan maka pada “bukit” pertama naik merupakan gelombang *S*. Gelombang *P* dan gelombang *S* pada *Software* WGSNLOT berfungsi untuk menentukan letak episenter gempa tersebut. Penentuan amplitudo gelombang *P* dan gelombang *S* ini berpengaruh juga pada *output* kekuatan magnitudo gempa tersebut. Syarat untuk menentukan amplitudo gelombang *P* yakni mencari nilai simpangan maksimumnya dan tidak boleh lebih dari 6 s dari fase pembacaan. Gelombang *P* dan juga fase gelombang *P* harus membacanya pada komponen vertikal (*Z*). Sedangkan syarat untuk menentukan amplitudo gelombang *S* yakni bacaan amplitudo maksimum sama seperti pembacaan fase gelombang *P* dan tidak boleh lebih dari 10 s dari pembacaan gelombang *S*.

Untuk menentukan kedalaman gempa dengan *software* ini hanya tersedia nilai kelipatan 10 (10 km, 20 km, 30 km dan seterusnya). Jadi untuk melihat kedalaman yang dipilih itu

mendekati kebenaran atau tidak yakni dengan cara membandingkan tampilan sinyal pembacaan gelombang *S* dengan hasil *software*.

Perbandingan sebaran gempa antara pengolahan metode *single-station* dengan *multi-station* tidak ada yang 100% sama. Pada data ke-18 yakni pada tanggal 6 Februari 2009 titik pertemuan antara pengolahan metode *single-station* dengan *multi-station* hampir sama, dimana letak bujur dari metode *single-station* adalah 101,83 BT sedangkan hasil metode *multi-station* 101,79 BT. Untuk letak lintang pada metode *single-station* terletak di 4,00 LS sedangkan pada metode *multi-station* 3,98 LS. Jarak antara kedua metode ini yakni paling terdekat yakni 3,49 km. Jarak ini didapat dari perhitungan selisih lintang dan bujur dari kedua metode ini dimana selisih untuk lintang sebesar  $0,03^0$  sedangkan untuk bujur sebesar  $0,01^0$ . Perbedaan terjauh terjadi pada data pertama yakni tanggal 3 Desember 2008 dimana pengukuran pada metode *single-station* gempa tersebut terletak pada 101,65 BT dan 4,99 LS, sedangkan data metode *multi-station* gempa tersebut terletak pada 100,52 BT dan 4,57 LS. Hasil selisih antara lintang sebesar  $0,42^0$  dan bujur sebesar  $1,13^0$  didapat jaraknya sebesar 125,78 km dan ini merupakan perbedaan jarak terjauh dari kedua metode ini.

Hasil pengukuran banyaknya kejadian gempa bumi tektonik periode penelitian dari tahun 2005 sampai tahun 2007 di Bengkulu cenderung meningkat, akan tetapi dari tahun 2007 sampai Maret 2009 cenderung menurun. Data yang diambil ini berdasarkan data dari BMKG Pusat. Gempa ini masuk dalam kategori gempa dengan skala lebih dari 3 SR.

Berdasarkan hasil pengamatan gempa bumi tektonik selama 4 tahun 3 bulan ini ada kecenderungan frekuensi terjadinya gempa bumi tektonik di Bengkulu selalu meningkat. Gempa

bumi tektonik yang terjadi di Bengkulu dari tahun 2005-2009 paling banyak terjadi pada tahun 2007. Hal ini terjadi karena pada tanggal 12 September 2007 terjadi gempa bumi dengan kekuatan 7,9 SR. Banyaknya gempa tektonik karena suatu rangkaian gempa bumi diawali dengan gempa pendahuluan dan gempa susulan.

Gempa bumi di Bengkulu dalam kurun waktu 4 tahun, antara tahun 2005 sampai Maret 2009 dengan kategori gempa terasa terjadi sebanyak 155 kali, dengan lokasi sebagian besar di sekitar samudera Hindia. Rata-rata gempa tektonik yang ada di Bengkulu dalam kurun waktu tahun 2005 sampai 2009 terbagi atas 150 gempa dangkal (kedalaman < 70 km) dan lima gempa menengah yang sebagian besar episentrumnya di laut. Untuk gempa darat hanya 22 kali atau 14,20 % dengan kategori gempa dangkal, sedangkan untuk gempa yang berpusat di laut ada sebanyak 133 kali gempa atau 85,80%.

Menurut Suwijanto (1998), gempa bumi yang mengakibatkan kerusakan besar pada umumnya adalah gempa bumi yang mempunyai pusat gempa dangkal dengan magnitudo lebih dari 4 SR dan daya perusakannya bergantung kedalaman pusat gempa. Suatu gempa bumi dengan magnitudo besar yang terjadi di dasar samudera mungkin tidak akan mengakibatkan kerusakan-kerusakan, bahkan getaran-getarannya mungkin tidak terasa oleh manusia yang berada di darat. Sebaliknya suatu gempa dengan magnitudo rendah, tetapi pusatnya dangkal yang dekat pada suatu kota akan menimbulkan kerusakan yang besar. Sebagian besar proses gempa bumi terjadi di zona subduksi karena zona

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *single-station* memiliki perbedaan dengan metode *multi-station*. Untuk magnitudo rata-rata perbedaannya sebesar 0,41 SR dan jarak rata-rata perbedaannya sebesar 28,60 km.
2. Sebaran gempa di Provinsi Bengkulu dari Bulan Januari 2005 sampai dengan Maret 2009 sebagian besar tersebar di Samudera Hindia dan rata-rata gempa tersebut masuk dalam kategori gempa dangkal (<70 km).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BMG. 2007. *Database Gempa BMG Kepahiang*. BMG Kephayang, Bengkulu.
- [2] Bolt, B.A. 1978. *Earthquake*. W.H. Freeman & Company, San Fransisco.
- [3] Fauzi. 2006. *Daerah Rawan Gempa Tektonik di Indonesia* <http://auliahazza.belajarislam.com/2006/11/2006/daerah-rawan-gempa-tektonik-di-indonesia/> [tanggal akses: 2 Juli 2008].
- [4] Maynard, 2008, *Gempa Bumi Tektonik*, [http://id.wikipedia.org/wiki/gempa\\_bumi\\_tektonik](http://id.wikipedia.org/wiki/gempa_bumi_tektonik) [tanggal akses: 16 Juni 2008].
- [5] Reed, B. S. 1995. *Pengantar Tentang Bahaya*. Edisi Ketiga. Program Pelatihan Manajemen Bencana. UNDIP.
- [6] Suwijanto. 1998. *Gempa Karima Ditinjau dari Aspek Geology*. Survey dan Pemetaan. ITB,

.  
3  
,

