

ANALISIS PERUBAHAN LAJU SEISMIK (*SEISMIC RATE CHANGES*) BERDASARKAN DISTRIBUSI SPASIAL SEISMOTEKTONIK WILAYAH SUMATERA BARAT

Wela Yulianda¹⁾, Syafriani²⁾, Andiyansyah Z. Sabarani³⁾

¹Mahasiswa Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

³Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Sta. Geofisika Klas I Padang Panjang
welayulianda1507@gmail.com

ABSTRACT

West Sumatra has a high level of seismicity so as often rocked by significant earthquakes and caused damage. The earthquake is usually preceded by symptoms such as occurrence of a seismic Quiescence phenomenon. This phenomenon can be seen by observing seismic rate changes in a region. The observation used data from NEIC / USGS and ISC with time period from 22nd of September 1918 to 31st of October 2015. The method used to analyze the seismic rate changes is the z-value method. The study area is divided into several grids. Z-value of each grid is counted and will be spatially distributed so seismic rate change of West Sumatra can be analyzed. This analysis will show presence or absence of seismic Quiescence phenomenon before earthquake in West Sumatera. The observation result showed that there is a certain preceding phenomenon before the significant earthquake in 1943 (7.8 SR) and 2007 (7.8 SR) in West Sumatra. This phenomenon called seismic Quiescence can be used as earthquake precursor. At the beginning of 2015 showed the decrease in seismic activity in several regions in West Sumatra according to development of seismic activity data. It is suspected as early symptoms of impending significant earthquake in future.

Keywords: *Analysis, Seismic Rate Changes, Seismotectonic*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki dua sistem tektonik yang berbeda yaitu sistem tektonik bagian barat dan sistem tektonik bagian timur. Sistem tektonik Indonesia di bagian barat ditunjukkan oleh tumbukan antar lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia. Sementara itu, sistem tektonik di bagian timur Indonesia terdapat tumbukan lempeng-lempeng Indo-Australia, Pasifik, dan Eurasia^[1]. Ketiga lempeng tersebut bergerak relatif satu sama lain. Pergerakan relatif dari ketiga lempeng tersebut akan memicu terbentuknya patahan yang biasa

disebut dengan sesar. Sesar ini selanjutnya dapat berkembang menjadi pusat sumber gempa bumi^[2]. Oleh karena itu, pertemuan tiga lempeng besar dunia ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu Negara yang rawan bencana gempa bumi salah satunya adalah Pulau Sumatera.

Pulau Sumatera terletak pada daerah zona tektonik aktif. Hal ini ditunjukkan oleh adanya zona penujaman lempeng Indo-Australia dari arah barat ke dalam Pulau Sumatera yang disebut dengan zona subduksi. Sementara itu di daratan Sumatera terdapat sesar Sumatera yang merupakan

sesar aktif. Daerah disepanjang sesar ini merupakan daerah yang lemah dan rawan gempa bumi^[1]. Selain itu, pertemuan dari lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia menyebabkan terbentuknya zona sesar mentawai^[3] yang juga berpengaruh terhadap kegempaan di Sumatera.

Wilayah Sumatera Barat merupakan salah satu kawasan yang terletak pada pingiran lempeng aktif dunia (*active plate margin*) yaitu lempeng Eurasia. Wilayah ini memiliki frekuensi kejadian gempa bumi yang sangat tinggi. Sebaran gempa bumi di wilayah ini bersumber dari aktivitas zona subduksi, zona sesar aktif Sumatera dan zona sesar Mentawai^[3]. Ketiga zona ini berpotensi menghasilkan gempa bumi signifikan dan merusak. Hal ini dikarenakan pada zona sesar Sumatera terdapat empat segmen sesar aktif sebagai pusat sumber gempa bumi yaitu segmen Sianok, segmen Sumpur, segmen Sumani, dan segmen Suliti^[4]. Sementara itu, zona subduksi dan zona sesar Mentawai berpotensi gempa bumi signifikan karena berada di sepanjang pantai Sumatera Barat yang terdapat zona penujaman lempeng Indo-Australia dan Eurasia.

Berdasarkan katalog gempa bumi signifikan dan merusak Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), di wilayah Sumatera Barat telah terjadi beberapa kali gempa bumi signifikan dan merusak. Gempa bumi tersebut diantaranya; gempa bumi Singkarak (1943) dengan magnitudo 7.4SR yang menghasilkan pergeseran horizontal sejauh 1 m ; gempa bumi tahun 2007 dengan magnitudo 7.9 SR yang berpotensi tsunami^[5] ; gempa bumi Pariaman dengan magnitudo 7.6 SR pada 30 September 2009 yang menimbulkan kerusakan yang sangat parah pada bangunan juga kerugian harta benda serta banyaknya korban jiwa ; dan gempa bumi Pagai-Selatan Kepulauan Mentawai pada 25 Oktober 2010 dengan

magnitudo 7.8 SR dan dikategorikan berpotensi tsunami^[3].

Dampak yang diakibatkan oleh gempa bumi signifikan dapat diminimalisir apabila kita dapat memprediksi kejadiannya. Salah satu cara untuk memprediksinya adalah dengan mengamati gejala yang muncul sebelum terjadinya gempa bumi signifikan tersebut, yang disebut prekursor gempa bumi. Prekursor gempa bumi terjadi sebelum gempa bumi utama^[6].

Prekursor gempa bumi yang akan diamati adalah fenomena penurunan aktivitas seismik atau biasa disebut dengan *seismic quiescence*. Prekursor ini menggambarkan penurunan yang signifikan pada aktivitas gempa bumi. Menurut Mogi^[6], fenomena ini terjadi sebelum gempa bumi utama. Para ahli kebumihan banyak menggunakan fenomena ini untuk memprediksi gempa bumi signifikan.

Fenomena *seismic quiescence* dapat diamati dengan melakukan analisa pada perubahan laju seismik atau biasa disebut *seismic rate changes*. Analisa *seismic rate changes* ini dilakukan menggunakan metode *z-value*^[7]. Penghitungan *z-value* wilayah Sumatera Barat akan menghasilkan *seismic rate changes*. Melalui analisa *seismic rate changes* didapatkan fenomena *seismic quiescence* yang mendahului gempa bumi signifikan di wilayah Sumatera Barat.

METODE

Penelitian tentang *seismic rate changes* wilayah Sumatera Barat menggunakan data gempa bumi yang bersumber dari NEIC/USGS, ISC dan BMKG. Data gempa bumi tersebut diambil pada wilayah dengan koordinat 3.5°LS-1.8°LU dan 95°BT-109.5°BT. Wilayah penelitian yang dibatasi koordinat tersebut dibagi menjadi beberapa node atau grid. Masing-masing grid mempunyai ukuran 0.1°×0.1°. Pada masing-masing grid tersebut

dihitung parameter seismotektonik z -value. penghitungan z -value ini dilakukan menggunakan metode z -value. Rumusan yang digunakan untuk menghitung z -value adalah sebagai berikut^[8].

$$z(t) = \frac{(R_{bg} - R_w)}{\sqrt{\frac{S_{bg}}{n_{bg}} + \frac{S_w}{n_w}}} \quad (1)$$

Dimana:

R_{bg} = Tingkat kegempaan pada periode *background*

R_w = Tingkat Kegempaan pada periode *window*

S_{bg} = Variansi pada periode *background*

S_w = Variansi pada periode *window*

n_{bg} = Jumlah event periode *background*

n_w = Jumlah event periode *background*

z -value dihitung sesuai dengan N gempabumi terpilih pada setiap node. Periode waktu dari T_{start} dan T_{end} dibagi menjadi $N_{\Delta t}$ *short time* (ST) *time window* dengan lebar masing-masing $N_{\Delta t}$ adalah Δt . Tingkat kegempaan *background* dihitung sebagai berikut.

$$R_{bg} = \frac{1}{n_{bg}} \left(\sum_{i=1}^{N_1} n_i + \sum_{i=N_2+1}^{N_{\Delta t}} n_i \right)$$

$$n_i = 1, \dots, N_{\Delta t}$$

Dimana n_i adalah jumlah data gempabumi yang dihitung pada ST *time window*. dan pada persamaan (2) ini memiliki nilai yang sama dengan adalah ST *time window* terakhir sebelum memasuki long-term (LT) *time window*. (LT) *time window* memiliki lebar .

Tingkat kegempaan R_w dalam (LT) *time window* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$R_w = \frac{1}{n_w} \sum_{i=N_1+1}^{N_2} n_i$$

Dimana $n_w = \Delta T / \Delta t$. Kemudian R_w dibandingkan dengan R_{bg} menggunakan persamaan (1) sebelumnya.

Sedangkan untuk S_{bg} dan S_w adalah variansi yang dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$S_{bg} = \frac{1}{n_{bg}} \left\{ \sum_{i=1}^{N_1} (n_i + R_{bg})^2 + \sum_{i=N_1+1}^{N_{\Delta t}} (n_i - R_{bg})^2 \right\} \quad (4a)$$

$$S_w = \frac{1}{n_w} \sum_{i=N_1+1}^{N_2} (n_i - R_w)^2 \quad (4b)$$

Semakin besar harga z -value, semakin signifikan perbedaan yang diamati. Z -value positif menunjukkan bahwa pada interval yang dipilih terjadi penurunan rata-rata tingkat kegempaan dibandingkan rata-rata tingkat kegempaan keseluruhan data kecuali data pada interval yang dipilih. Sebaliknya z -value yang negatif mengindikasikan bahwa pada interval yang dipilih rata-rata tingkat kegempaan meningkat^[9].

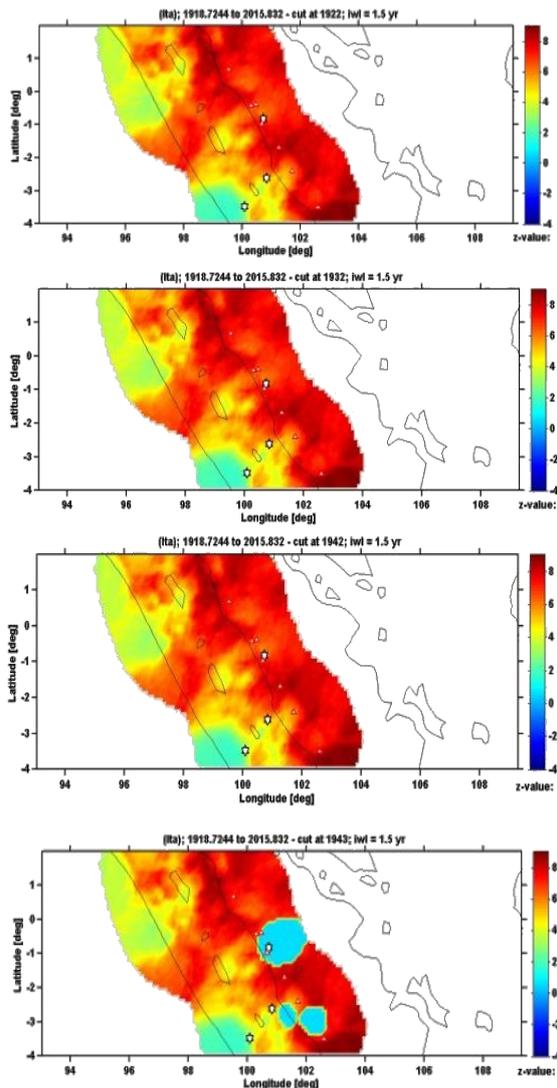
Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut pertama menentukan wilayah penelitian yang akan dihitung z -value-nya. Kemudian melakukan proses *decustering* data gempabumi dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh *aftershock* dan *foreshock*. setelah itu membagi wilayah penelitian menjadi beberapa grid atau node, dengan spasi masing-masing grid adalah $0.1^\circ \times 0.1^\circ$. pada masing-masing grid tersebut dihitung z -value menggunakan data gempabumi yang termasuk dalam lingkup grid tersebut^[10]. Nilai z -value yang didapat dari masing-masing grid didistribusikan untuk dapat melihat bagaimana perubahan laju seismik (*seismic rate changes*) wilayah

Sumatera Barat. Dan tahapan terakhir yaitu melakukan analisa pada *seismic rate changes* wilayah Sumatera Barat untuk mengamati ada atau tidaknya fenomena *seismic quiescence* yang mendahului event gempa bumi signifikan di wilayah Sumatera Barat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

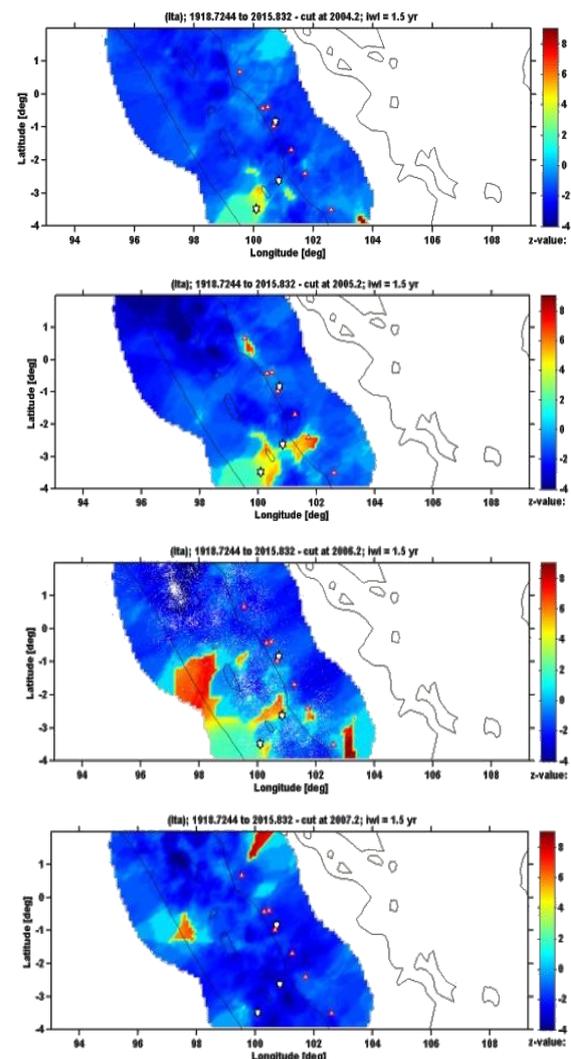
Distribusi spasial *z-value* wilayah Sumatera Barat pada zona pertama yaitu event gempa bumi tahun 1943 dengan magnitudo 7.8 SR adalah sebagai berikut:



Gambar 13. Distribusi Spasial *Z-value* sebelum *mainshock* 1943 (7.8 SR) dengan *iwl* 1.5 tahun (a) *cut at* 1922 (b) *cut at* 1932 (c) *cut at* 1942 (d) *cut at* 1943

Distribusi spasial *z-value* ditampilkan dalam beberapa irisan waktu setiap enam tahun dimulai dari $T_s = 1923.5$ dan 1941.5 dan $T_w = iwl = 1.5$ tahun. Berdasarkan gambar 13 terlihat bahwa sebelum event gempa bumi tahun 1943 (7.8 SR) diawali oleh fenomena *seismic quiescence*.

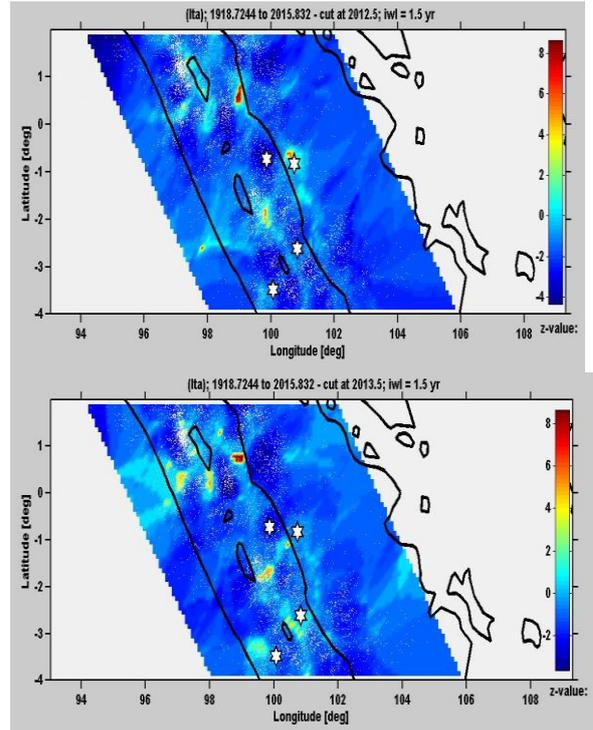
Distribusi spasial *z-value* wilayah Sumatera Barat pada zona kedua yaitu event gempa bumi tahun 2007 dengan magnitudo 7.9 SR adalah sebagai berikut:



Gambar 14. Distribusi Spasial Z -value sebelum *mainshock* 2007 (7.9 SR) dengan *iwl* 1.5 tahun (a) *cut at* 2004.2 (b) *cut at* 2005.2 (c) *cut at* 2006.2 (d) *cut at* 2007.2

Distribusi spasial z -value ditampilkan dalam beberapa irisan waktu setiap satu tahun dimulai dari $T_s = 2004.2$ dan 2007.2 dan $T_w = iwl = 1.5$ tahun. Berdasarkan gambar 14 terlihat bahwa sebelum event gempa bumi tahun 2007 (7.9 SR) diawali oleh fenomena *seismic quiescence*.

Distribusi spasial z -value wilayah Sumatera Barat pada permulaan tahun 2015 dapat dilihat pada gambar 19 dibawah. Tujuan dilihatnya distribusi spasial z -value adalah untuk mengamati ada atau tidaknya fenomena *seismic quiescence* pada wilayah Sumatera Barat dipermulaan 2015.



Gambar 19. Distribusi Spasial Z -value Pada Permulaan Tahun 2015 dengan *iwl* 1.5 tahun *cut at* 2010.5, 2011.5, 2012.5, 2013.5

Berdasarkan gambar 19 diatas terlihat distribusi spasial z -value wilayah Sumatera Barat pada permulaan 2015. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada wilayah Sumatera Barat sekitar lima tahun sebelum tahun 2015 tampak adanya daerah yang mengalami fenomena *seismic quiescence*. Fenomena ini ditunjukkan oleh wilayah yang memiliki sebaran z -value yang berwarna merah. Z -value yang berwarna merah (positif) mengindikasikan terjadinya penurunan aktivitas seismik^[11].

2. Pembahasan

Pada penelitian ini, distribusi *seismicity rate changes* dianalisa secara statistik menggunakan z -value pada episenter gempa bumi tahun 1943 dengan magnitudo 7.8 SR, episenter gempa bumi tahun 2007 dengan magnitudo 7.9 SR, dan pada wilayah penelitian untuk melihat keadaan aktivitas seismik wilayah Sumatera Barat.

Pada episenter 1943 (7.8 SR) , berdasarkan distribusi spasial *z-value* di wilayah Sumatera Barat pada gambar 12 didapatkan bahwa sebelum event gempa bumi tahun 1943 dengan magnitudo 7.8 SR terjadi fenomena *seismic quiescence*. Fenomena ini menunjukkan bahwa adanya akumulasi energi pada wilayah yang terdapat *seismic quiescence* tersebut. Akumulasi energi ini dapat dilepaskan dalam bentuk gempa bumi signifikan secara tiba-tiba seperti pada kejadian ini yaitu gempa bumi tahun 1943 dengan magnitudo 7.8 SR. Terjadinya fenomena ini ditandai dengan wilayah penelitian yang berwarna merah sebelum event gempa bumi 1943 tersebut. Sedangkan setelah terjadi gempa bumi 1943 yaitu pada tahun 1943 dengan mengambil $T_s = 1943$ pada gambar 12 terlihat bahwa disekitar gempa bumi 1943 tersebut terjadi kenaikan aktivitas seismik. Hal ini ditandai dengan wilayah disekitar episenter 1943 berwarna biru. Kenaikan aktivitas seismik ini menunjukkan bahwa frekuensi kegempaan pada wilayah ini telah meningkat, energi yang tersimpan pada wilayah ini telah dilepaskan perlahan-lahan. Sesuai dengan Katsumata (2011) bahwa nilai *z-value* yang positif ditunjukkan oleh wilayah penelitian yang berwarna merah, mengindikasikan terjadinya penurunan aktivitas seismik (*seismic quiescence*) sedangkan *z-value* negatif ditunjukkan oleh wilayah penelitian yang berwarna biru mengindikasikan terjadinya kenaikan aktivitas seismik^[11].

Zona dengan episenter gempa bumi 2007 (7.9SR) memiliki fenomena yang hampir sama dengan episenter gempa bumi 1943 (7.8 SR). Pada episenter ini sebelum terjadinya event gempa bumi signifikan tahun 2007 dengan magnitudo 7.9 SR juga diawali oleh fenomena *seismic quiescence*. Seperti pada gambar 13 (a) yang memperlihatkan terdapatnya anomali kecil aktivitas seismik rendah. Semakin kedepan yaitu pada saat $T_s = 2005.2$ dan 2006.2

terlihat anomali aktivitas seismik rendah tersebut semakin meluas, dan pada akhirnya setelah kejadian gempa bumi 2007 (7.9 SR) yaitu dengan pengambilan $T_s = 2007.2$ terjadi aktivitas seismik yang meningkat. Fenomena *seismic quiescence* yang awalnya kecil kemudian meluas itu menunjukkan pada wilayah tersebut terjadi penumpukkan atau akumulasi energi. Akumulasi energi itu awalnya hanya memiliki luasan yang kecil. Namun seiring berjalannya waktu energi yang terkumpul pada wilayah sekitar episenter ini semakin besar dan meluas, sehingga pada akhirnya dilepaskan dalam bentuk gempa bumi signifikan. Setelah energi dilepaskan dalam bentuk gempa bumi signifikan yaitu gempa bumi tahun 2007 dengan magnitudo 7.9 SR, maka aktivitas seismik pada wilayah sekitar episenter ini meningkat. Hal ini ditunjukkan oleh wilayah penelitian dilingkupi oleh warna biru. Warna biru ini mengindikasikan terjadinya peningkatan aktivitas seismik yang berarti terjadinya pelepasan energi secara perlahan-lahan.

Apabila distribusi spasial *z-value* dilihat secara keseluruhan maka tampak bahwa beberapa wilayah di Sumatera Barat terjadi penurunan aktivitas seismik. Penurunan aktivitas seismik tersebut ditunjukkan oleh sebaran *z-value* yang berwarna merah terlihat di beberapa wilayah Sumatera Barat. Hasil pengamatan yang menunjukkan bahwa di beberapa wilayah Sumatera Barat terjadi penurunan aktivitas seismik menunjukkan bahwa pada wilayah tersebut patut dicurigai akan terjadi gempa bumi signifikan. Karena sesuai dengan^[11] yang menyatakan bahwa sebelum gempa bumi signifikan terjadi, terdapat gejala yang mengawalinya yaitu gejala penurunan aktivitas seismik atau disebut *seismic quiescence*. Penurunan aktivitas seismik ini menunjukkan bahwa aktivitas kegempaan wilayah tersebut berkurang, dan hal ini menandakan adanya energi yang masih tersimpan atau pada wilayah ini

terjadi akumulasi energi. Akumulasi energi ini dapat tiba-tiba dilepaskan dalam bentuk gempa bumi signifikan. Dari hasil penelitian ini, maka diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi pengambil kebijakan. Mempertimbangkan wilayah-wilayah yang mengalami penurunan aktivitas seismik tersebut maka dapat dilakukan langkah tepat untuk mitigasi bencana, seperti penyuluhan kepada masyarakat, bahan pertimbangan untuk menatur tata ruang wilayah, dan lain-lain. Sehingga kerugian yang diakibatkan oleh gempa bumi signifikan dapat diminimalisir.

PENUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan sebaran seismisitas wilayah Sumatera Barat periode 1918 – 2015 terlihat bahwa wilayah Sumatera Barat sering diguncang oleh gempa bumi. Hal ini menandakan bahwa wilayah Sumatera Barat memiliki aktivitas gempa bumi yang tinggi.

Berdasarkan distribusi spasial - *z-value* wilayah Sumatera Barat untuk sebelum terjadinya event gempa bumi besar yaitu 1943 (7.8 SR) , 2007 (7.9 SR) diawali oleh fenomena *seismic quiescence*. Fenomena *seismic quiescence* ini dapat menjadi prekursor gempa bumi untuk memprediksi gempa bumi dan sebagai salah satu upaya untuk meminimalisir dampak yang disebabkan oleh bencana gempa bumi.

Berdasarkan distribusi spasial - *z-value* wilayah Sumatera Barat untuk permulaan tahun 2015 disemua wilayah penelitian didapat bahwa ada beberapa wilayah yang patut dicurigai akan terjadi gempa bumi signifikan..

2. Saran

- a) Hasil penelitian ini dapat berguna untuk bahan pertimbangan bagi pengambil kebijakan sebagai salah satu upaya dalam meminimalisasi kerugian yang diakibatkan oleh bencana gempa bumi.
- b) Penyuluhan tentang resiko dan bahaya gempa bumi perlu dilakukan agar masyarakat mengetahui daerah-daerah yang kemungkinan berpotensi gempa bumi besar.
- c) Dalam proses pengolahan data pada penelitian ini, alangkah lebih baik kalau data yang digunakan dilakukan declustering terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan, hasil yang diperoleh dari data yang telah dilakukan declustering lebih baik dalam menampilkan anomali *seismic quiescence*.

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 tanggal 18 April 2016. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang, NEIC/USGS dan ISC atas data yang telah digunakan dalam studi ini. Selain itu ucapan terimakasih untuk ZMAP *Software* untuk grafik atau gambar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Naryanto, Heru S. 1997. “Kegempaan Sumatera Barat,” Jurnal Alami Vol 2 Nomor 3.
- [2]Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2010. Ina TEWS Konsep dan Implementasi.

- [3]Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2010. *Laporan Gempabumi Mentawai, 25 Oktober 2010*. Jakarta.
- [4]W. Triyoso, and Natawidjaja, D.H. (2007) The Sumatran fault zone: from source to hazard, 1 (No.1), 21-47.
- [5]Natawidjaja,D.H., 2007. *Gempabumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup Yang Aman Dari Bencana Alam*.
- [6]Puslitbang BMKG. 2010. *Integrasi Pengamatan Parameter Geofisika Dalam Usaha Prediktabilitas Gempabumi*. Laporan Akhir, Program Intesif Kementrian Negara Riset dan Teknologi Tahun 2010.
- [7]Haberman, R. E. 1983. *Teleseismic Detection in The Aleuntin Island arc*. J. Geophysics. Res, 885, 5056-5064.
- [8]Wiemer, S., (2001), *A software package to analyze seismicity: ZMAP*. Seismological Research Letters, 72(2):373–382.
- [9] Sunardi, Bambang dkk. 2013. *Analisis Periodesitas dan Perubahan Tingkat Kegempaan Wilayah Jawa Barat Berbasis Statistik. Conference Paper*. BMKG Pusat.
- [10]Wiemer & Wyss, dkk. 2001. *ZMAP A Tools For Analyses Of Seismicity Patterns*, Typical Application and Uses : A Cookbook.
- [11]Katsumata, K. 2011. *A Long Term Seismic Quiescence Started 23 Years Before The 2011 of The Pacific Coast Of Tohoku Earthquake (M=9.0)*. Earth Planet Space. 63.709-712.