

ANALISIS TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA BUMI DI SUMATERA BARAT PADA PERIODE 1961-2010

Uswatun Chasanah, Madlazim, Tjipto Prastowo

Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Surabaya

e-mail : uswah23@gmail.com

Abstrak

Kajian kegempaan suatu wilayah terutama di daerah rawan gempa seperti Sumatera Barat sangat diperlukan dalam rangka mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat bencana gempa bumi. Dalam konteks ini, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempa bumi yaitu dengan menganalisis hubungan antara frekuensi kejadian gempa bumi (N) dan magnitudo gempa bumi (M). Rumus umum yang digunakan yaitu $\log N = a - bM$. Gradien persamaan ini atau nilai b merupakan parameter tektonik yang menggambarkan sifat batuan pada daerah yang diteliti sedangkan nilai a menggambarkan aktivitas tektonik wilayah yang diamati. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder parameter gempa bumi dari bank data seismologi IRIS periode 1961-2010 dengan magnitudo 4,0-10,0 SR pada kedalaman 0-220 km yang berlokasi antara $1,0^{\circ}$ LU- $3,0^{\circ}$ LS dan $98,0^{\circ}$ - $102,0^{\circ}$ BT. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode kuadrat terkecil diperoleh nilai a sebesar 6,21 dan b sebesar 0,66, serta indeks seismisitas untuk magnitudo 5-9 SR yaitu antara 10,14-0,02. Harga indeks seismisitas ini digunakan untuk analisis periode ulang gempa bumi. Periode ulang gempa bumi untuk rentang magnitudo 5-9 SR adalah berkisar antara 0,09-45,30 tahun. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat seismisitas tinggi dan rawan bencana gempa bumi yang dibuktikan dengan periode ulang gempa bumi yang singkat yaitu kurang dari 50 tahun dan sering terjadi gempa-gempa kecil baik di daratan maupun lautan.

Kata kunci : tingkat seismisitas, periode ulang gempa bumi, sumatera barat

Abstract

Study seismicity pattern, especially in earthquake prone areas such as West Sumatra is needed in order to reduce the impact caused by the earthquake. In this context, the research aims to analyze the level of seismicity and the return period of earthquakes by analyzing the relationship between the frequency of occurrence of earthquakes (N) and the earthquake magnitude (M). The general formula is $\log N = a - bM$, gradient equation or b value is a parameter that describes the nature of tectonic rocks in the area studied, while a value that describes the tectonic activity of observed regions. The data used in this study is a secondary data parameter of earthquake from seismology data bank IRIS from 1961 to 2010 with a magnitude of $4,0 \geq 10,0$ RS at a depth between 0-220 km located within latitude coordinates between $1,0^{\circ}$ N- $3,0^{\circ}$ S and longitude coordinates between $98,0^{\circ}$ - $102,0^{\circ}$ E. Based on the results of the analysis using the least squares method obtained a value is about 6,15 and b value is about 0,65. Index of seismicity for magnitudes 5-9 RS is between 9,677 to 0,022. Further seismicity index is used for the calculation of return period of earthquake. Return period of earthquakes for magnitude 5-9 RS is between 0,10 to 44,45 years. Generally, it can also be concluded that the region of West Sumatra has a high seismicity rate as evidenced by the return period of a short earthquakes and frequent minor earthquakes both land and sea, so that in the region of West Sumatra classified areas prone to earthquakes.

Keywords: level of seismicity, return period of earthquake, west sumatera

PENDAHULUAN

Pertemuan antara dua lempeng Eurasia dan IndoAustralia membentuk zona penunjaman di sepanjang pantai barat Pulau Sumatera menyebabkan wilayah Sumatera Barat sangat rawan dengan gempa bumi tektonik. Dengan tatanan tektonik tersebut perlu adanya upaya antisipasi berupa peringatan gempa bumi untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat bencana gempa bumi.

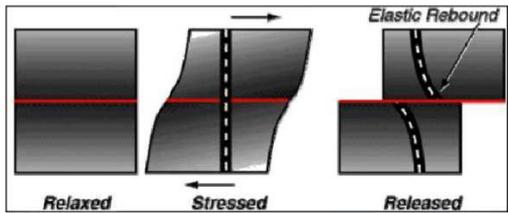
Ada beberapa upaya antisipasi sejak dini, salah

satunya yaitu berupa peringatan gempa bumi untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat bencana gempa bumi baik materi maupun jiwa manusia. Yaitu dengan perhitungan periode ulang gempa bumi dan analisis tingkat seismisitas pada daerah yang bersangkutan. Salah satu cara untuk menganalisis aktivitas seismik suatu daerah dalam upaya mitigasi adalah dengan menganalisis hubungan antara frekuensi kejadian gempa bumi dan magnitudo gempa bumi (*Frequency-Magnitude Disribution*) (Rohadi dkk, 2008).

Penelitian ini difokuskan pada keadaan aktivitas

seismik berdasarkan analisis statistik keadaan, nilai indeks seismisitas dan periode ulang gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.

Apabila terdapat dua buah gaya yang bekerja dengan arah yang berlawanan pada batuan kulit bumi, maka batuan tersebut akan terdeformasi atau mengalami perubahan bentuk. Hal ini dikarenakan batuan mempunyai sifat elastis. Apabila gaya yang bekerja pada batuan dalam waktu yang lama dan terus menerus, maka lama kelamaan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan akan mulai terjadi pergeseran (Hamidah, 2011).



Gambar 1. Proses deformasi batuan yang mengakibatkan terjadinya gempa bumi (Hamidah, 2011)

Akibatnya batuan akan mengalami patahan secara tiba-tiba sepanjang bidang *fault*. Setelah itu batuan akan kembali stabil, namun sudah mengalami perubahan bentuk dan posisi. Pada saat batuan mengalami gerakan yang tiba-tiba akibat pergeseran batuan, energi *stress* (Gambar 1) yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang kita kenal sebagai gempa bumi.

Parameter gempa bumi adalah acuan nilai besaran dan letak kejadian suatu gempa bumi. Besaran gempa bumi merupakan suatu ukuran kekuatan yang dihitung berdasarkan data dari alat perekam gempa atau seismograf.

Parameter gempa bumi tersebut meliputi :

- 1) Waktu kejadian gempa bumi (*Origin Time*)
- 2) Hiposenter
- 3) Episenter
- 4) Kedalaman sumber gempa bumi
- 5) Kekuatan gempa bumi atau magnitudo.

Seismisitas pada saat ini dinyatakan sebagai suatu sistem data serasi yang dapat memberikan suatu gambaran atau informasi secara sistematis tentang karakteristik dan aktivitas gempa bumi pada suatu daerah dalam jangka waktu tertentu. Informasi itu dapat berupa suatu bentuk persamaan empiris, peta, grafik dan tabel. Informasi tentang tingkat seismisitas suatu daerah tidak lepas dari kevalidan data yang dianalisis serta kurun waktu yang digunakan untuk analisis.

Kurun waktu yang singkat dalam pengambilan data sulit dipakai pedoman untuk menentukan aktivitas gempa bumi di suatu daerah dengan baik. Tetapi apabila dalam waktu yang singkat tersebut dapat memberikan informasi data gempa bumi yang banyak, maka penentuan tingkat seismisitas suatu daerah dianggap cukup akurat.

Menurut Rohadi dkk (2008), salah satu cara untuk menganalisis aktivitas kegempaan suatu daerah dalam

upaya mitigasi adalah dengan menganalisis hubungan antara frekuensi dan magnitudo.

Magnitudo merupakan ukuran kekuatan gempa bumi, menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempa bumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan seismograf.

Rumus umum yang banyak dipergunakan untuk tujuan menganalisis hubungan antara frekuensi dan magnitudo ini berasal dari rumus empiris yang diturunkan oleh *B. Gutenberg* dan *C.F. Richter* adalah sebagai berikut:

$$\text{Log}_{10} N (M) = a - bM \quad \dots\dots (1)$$

(Wiemer and Wyss, 2000)

Dimana N merupakan frekuensi kejadian gempa bumi dan M adalah magnitudo, serta a , b adalah konstanta.

Nilai a menunjukkan keaktifan seismik daerah yang dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan. Nilai tingkat seismisitas di suatu daerah yang sedang diamati tergantung dari :

- 1) Periode pengamatan,
- 2) Luas daerah pengamatan, dan
- 3) Aktivitas seismik daerah yang diamati.

Semakin besar nilai a di suatu daerah berarti daerah tersebut memiliki aktivitas seismik yang tinggi, sebaliknya untuk nilai a yang kecil berarti aktivitas seismiknya rendah.

Sedangkan nilai b menunjukkan kemiringan atau gradien dari persamaan linier hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dan magnitudo. Nilai ini erat sekali hubungannya dengan tektonik daerah yang sedang diamati dan tergantung dari sifat batuan setempat dan menggambarkan aktivitas *stress* lokal.

Dengan kata lain, nilai- b adalah parameter tektonik yang menunjukkan jumlah relatif dari gempa bumi yang kecil hingga gempa bumi besar, nilai ini mendekati 1 yang berarti 10 kali penurunan aktivitas terkait dengan kenaikan dalam tiap unit magnitudo.

Indeks Seismisitas dan periode Ulang Gempa Bumi

Nilai indeks seismisitas yang menyatakan jumlah total even gempa bumi yang terjadi dalam waktu satu tahun dengan magnitudo lebih besar dari magnitudo terkecil (M_0) pada suatu daerah. Harga indeks seismisitas :

$$\text{Log } N1 (M \geq M_0) = a1 - bM_0 \quad \dots\dots (2)$$

Apabila kedua persamaan tersebut kita invers log maka didapat :

$$N1 (M \geq M_0) = 10^{(a1-bM_0)}$$

dengan :

$$a1 = a' - \log \Delta t$$

$$a' = a - \log (b \ln 10)$$

maka dapat diperoleh indeks seismisitas :

$$Nn (Mn \geq M_0) = 10^{(a-\log(b \ln 10)-\log \Delta t)-bM_0} \quad \dots\dots (3)$$

Dengan N_n ($M_n \geq M_0$) adalah indeks seismisitas untuk magnitudo $M_n \geq M_0$, a dan b adalah konstanta hubungan frekuensi-magnitudo, M adalah magnitudo gempa bumi, dan Δt adalah interval waktu pengamatan.

Periode gempa bumi dimaksudkan bahwa gempa bumi dengan skala tertentu akan terulang kembali di daerah yang sama pada kurun waktu tertentu.

Untuk mendapatkan rata-rata periode ulang gempa bumi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\theta(M \geq M_0) = \frac{1}{N_n(M_n \geq M_0)} \dots\dots (4)$$

Dengan θ ($M \geq M_0$) adalah periode ulang gempa bumi untuk magnitudo $M_n \geq M_0$. N_n ($M_n \geq M_0$) adalah indeks seismisitas untuk magnitudo $M_n \geq M_0$, dan M_0 adalah magnitudo gempa bumi terkecil.

METODE

Penelitian tentang analisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempa bumi periode 1961-2010 wilayah Sumatera Barat ini dikerjakan dengan metode kuadrat terkecil

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu parameter gempa bumi, yang terdiri dari: *event* kejadian, letak episenter (*latitude* dan *longitude*), kedalaman, magnitudo gempa bumi. Data tersebut diperoleh dari portal data seismologi IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*), periode 1961-2010 dengan magnitudo 4,0-10,0 SR dan kedalaman 0-220 km. Dengan daerah penelitian berlokasi di 1,0⁰ LU-3,0⁰ LS dan 98,0⁰-102,0⁰ BT, yang diunduh secara *online* melalui situs (<http://www.iris.edu/SeismiQuery/sq-events.htm>)

Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut:

- 1) Menghimpun data parameter gempa bumi dari IRIS sesuai dengan kriteria data yang telah ditentukan (magnitudo, kedalaman, letak astronomis wilayah, dan *event* kejadian gempa bumi)
- 2) Mengkonversi seluruh magnitudo gempa bumi menjadi magnitudo momen (M_w), hal ini dilakukan karena magnitudo momen tidak mengalami saturasi, berdasarkan pada persamaan tabel berikut:

Tabel 1. Persamaan konversi magnitudo momen

No.	Persamaan Konversi Magnitudo Momen
1	$M_w = 0.14,03M_s^2 - 1.051M_s + 7.285$
2	$M_w = 0.114,0mb^2 - 0.556mb + 5.560$
3	$M_w = 0.787ME - 1.537$
4	$mb = 0.125ML^2 - 0.389ML - 3.513$
5	$ML = 0.717MD + 1.003$

- 3) Memfilter data gempa bumi dengan tujuan untuk menghilangkan pengaruh *foreshock* dan *aftershock*

sehingga diperoleh gempa bumi utama dengan *software Z-MAP 6.0* (Ngatmanto, 2009)

- 4) Membagi frekuensi gempa bumi kedalam kelas sesuai dengan besarnya magnitudo gempa bumi
- 5) Menghitung koefisien a dan b dari relasi Gutenberg-Richter, nilai indeks seismisitas, serta periode ulang gempa bumi dengan metode kuadrat terkecil.
- 6) Dan pada tahap akhir yaitu memetakan distribusi persebaran episenter gempa bumi dengan perangkat lunak *ArcView GIS 3.3*.

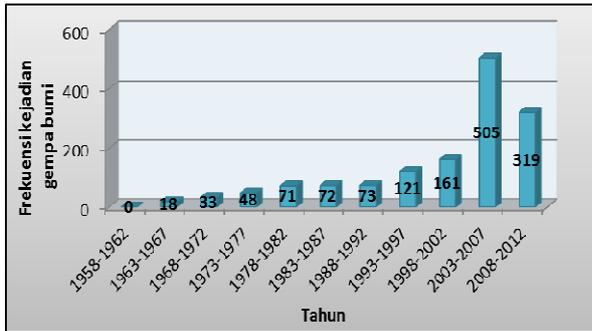
Hasil analisis data yang diperoleh yaitu nilai a , b , dan r digunakan untuk mengetahui tingkat seismisitas yang terjadi pada daerah penelitian. Kemudian dibuat suatu grafik hubungan atau korelasi magnitudo dan besarnya frekuensi gempa bumi. Grafik korelasi tersebut kemudian diinterpretasikan sesuai bahwa nilai konstanta a , dan b berkaitan langsung dengan karakteristik seismisitas wilayah yang diteliti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

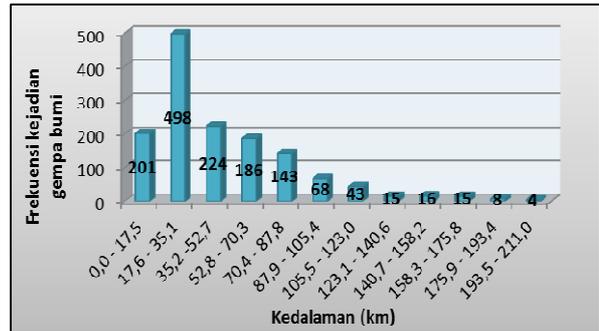
Daerah yang akan ditentukan parameter keaktifan seismik yaitu a dan b , indeks seismisitas, serta periode ulang gempa bumi adalah Sumatera Barat yang terletak pada di 1,0⁰ LU-3,0⁰ LS dan 98,0⁰-102,0⁰ BT. Berdasarkan peta persebaran episenter gempa bumi wilayah Sumatera Barat, dalam kurun waktu 50 tahun terjadi 3.104 gempa, setelah difilter untuk menghilangkan gempa susulan tinggal 1.421 gempa utama, seperti yang terlihat pada gambar 3, terlihat bahwa pusat-pusat gempa terdistribusi sebagian besar di daerah lautan, walaupun di darat juga terkonsentrasi pada daerah-daerah tertentu. Penggambaran pada peta tersebut didasarkan pada letak episenter gempa bumi tiap daerah pada wilayah Sumatera Barat. Titik merah menandakan letak episenter gempa bumi.

Pusat gempa bumi di lautan adalah di laut sekitar kepulauan Mentawai. Sedangkan pusat gempa di daratan adalah di sepanjang retakan pulau Sumatera yang melewati danau Singkarak, danau Diatas dan Dibawah (di Kabupaten Solok) dan Danau Maninjau (Kabupaten Agam) (Edwiza, 2009). Magnitudo gempa bumi yang tercatat oleh seismogram bervariasi, paling rendah adalah 5,2 SR dan terbesar adalah 9,1 SR yang terjadi pada tanggal 11 Maret 2008. Pada wilayah Sumatera Barat, gempa bumi sering terjadi pada rentang tahun antara 2003 sampai 2007 (Gambar 2). Gempa bumi di wilayah Sumatera Barat didominasi gempa bumi dengan magnitudo antara 5,2-5,5 SR (Gambar 5). Rentang magnitudo gempa bumi tersebut tergolong gempa bumi merusak yang mengakibatkan kerusakan yang signifikan baik di daratan maupun lautan.

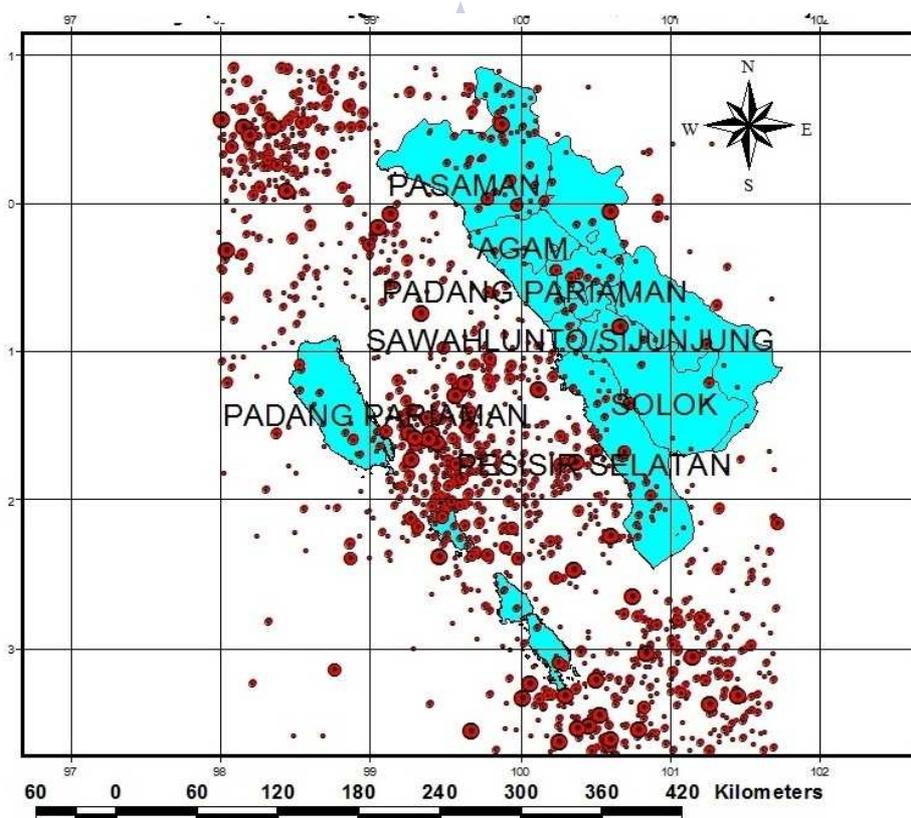
Secara umum gempa bumi sering terjadi pada kedalaman 17,6-35,1 km di bawah permukaan bumi, yaitu gempa bumi dangkal, yang terjadi di daratan maupun lautan wilayah Sumatera Barat, namun lebih didominasi terjadi di lautan (Gambar 3).



Gambar 2. Histogram distribusi frekuensi gempa bumi untuk rentang magnitudo 5,2-9,1 SR di Sumatera Barat periode 1961-2010



Gambar 3. Histogram distribusi frekuensi gempa bumi terhadap kedalaman untuk rentang magnitudo 5,2-9,1 SR di Sumatera Barat periode 1961-2010.



Keterangan :
 Skala Episenter Gempa Bumi
 Magnitudo (SR)
 • 5.2 - 5.4
 • 5.4 - 5.9
 • 5.9 - 6.9
 • 6.9 - 7.9
 • 7.9 - 9.1

Jumlah data gempa bumi : 1421



IRIS



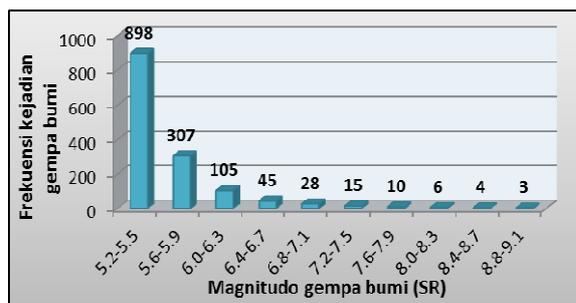
UNESA
Universitas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Uswatun Chasanah [093224022]
 Jurusan Fisika-FMIPA-UNESA

Gambar 4. Peta sebaran episenter gempa bumi di Sumatera Barat periode 1961-2010

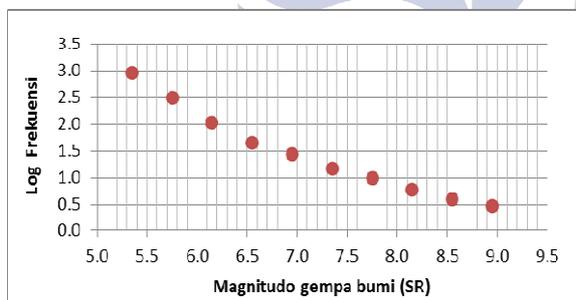
Gempa dangkal merupakan gempa yang paling berbahaya, karena dengan magnitudo yang tidak seberapa besar akan dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup besar. Selain gempa yang diakibatkan oleh pergeseran lapisan bumi (tektonik) juga dapat terjadi gempa yang

diakibatkan pergerakan magma yang keluar dari letusan gunung berapi yang disebut gempa vulkanik (Edwiza, 2009). Walaupun wilayah Sumatera Barat memiliki sejumlah gunung berapi, namun gempa bumi yang terjadi di Sumatera Barat dan sekitarnya didominasi oleh gempa tektonik



Gambar 5. Histogram distribusi frekuensi gempa bumi terhadap magnitudo wilayah Sumatera Barat periode 1961-2010

Berdasarkan tabel distribusi frekuensi magnitudo di atas dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (Persamaan 1 dan 2) diperoleh parameter seismisitas secara umum nilai a yaitu 6,218 sedangkan nilai b yaitu 0,666. Sehingga relasi Gutenberg-Richter yang didapatkan adalah $\log N = 6,218 - 0,666 M$. Persamaan tersebut memiliki nilai r yang berharga negatif yaitu -0,979, seperti yang digambarkan pada grafik korelasi antara frekuensi kejadian gempa bumi dan magnitudo gempa bumi (Gambar 6). Nilai r atau koefisien korelasi dari hasil analisis menggunakan metode kuadrat terkecil memberikan harga mendekati -1 yang menunjukkan bahwa hubungan frekuensi kejadian gempa bumi dengan magnitudo berbanding terbalik sangat kuat.



Gambar 6. Grafik hubungan antara log frekuensi dan magnitudo gempa bumi.

Nilai a menunjukkan tingkat keaktifan seismik, dengan nilai a sebesar 6,218 yang menunjukkan wilayah Sumatera Barat memiliki aktivitas kegempaan yang tinggi. Semakin besar nilai a berarti semakin aktif wilayah tersebut aktivitas kegempaan. Sebaliknya untuk nilai a yang kecil berarti aktivitas seismik pada wilayah Sumatera Barat juga kecil. Didapatkan nilai b sebesar 0,666. Ditinjau dari hasil analisis nilai b yang didapatkan, batuan pada wilayah Sumatera Barat tergolong batuan yang rapuh (batuan yang heterogen), $stress$ yang dikandung tidak besar karena langsung dilepaskan melalui terjadinya gempa-gempa kecil yang banyak yaitu berkisar 5,2-5,5 SR. Dengan kata lain untuk batuan yang lebih rapuh (heterogen), energi yang

dikumpulkan tidak terlalu besar karena langsung dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik.

Indeks seismisitas merupakan harga atau nilai yang menggambarkan jumlah total kejadian gempa bumi dalam kurun waktu pengamatan dengan magnitudo lebih besar dari magnitudo terkecil, dalam hal ini kurun waktu yang dipakai 50 tahun. Indeks seismisitas ini digunakan untuk menghitung periode ulang gempa bumi. Adapun hasil perhitungan indeks seismisitas seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Harga indeks seismisitas untuk tiap-tiap magnitudo

No	Besarnya Magnitudo	Harga Indeks Seismisitas
1	$M \geq 5$	10,142
2	$M \geq 6$	2,191
3	$M \geq 7$	0,473
4	$M \geq 8$	0,102
5	$M \geq 9$	0,022

Indeks seismisitas seperti yang tersaji pada Tabel 2 terlihat bahwa gempa bumi dengan magnitudo terkecil yaitu ≥ 5 SR, mempunyai indeks seismisitas terbesar.

Sedangkan periode ulang gempa bumi ini dihitung setelah harga indeks seismisitas telah diketahui (persamaan 3). Dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, hasil yang didapatkan tersaji pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Harga periode ulang gempa bumi untuk tiap-tiap magnitudo

No	Besarnya Magnitudo (SR)	Periode Ulang Gempa Bumi	
		Tahun	Hari
1	$M \geq 5$	0,099	36
2	$M \geq 6$	0,456	167
3	$M \geq 7$	2,113	771
4	$M \geq 8$	9,785	3.571
5	$M \geq 9$	45,302	16.535

Pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa gempa bumi dengan magnitudo 5-9 SR di wilayah Sumatera Barat memiliki periode ulang yang berbeda-beda yaitu sekitar 0,099 hingga sekitar 45,302 tahun, yang kemudian dikonversi dalam hari yaitu antara rentang 36-16.535 hari. Pada wilayah Sumatera Barat, gempa dengan kekuatan 5,2-5,5 SR sering terjadi, dan hal inilah yang menjadi pembuktian bahwa seperti pada data Tabel 3 gempa dengan magnitudo ≥ 5 SR memiliki periode ulang

yang pendek. Sementara gempa bumi dengan kekuatan ≥ 9 SR memiliki periode ulang yang cukup lama, sehingga jarang terjadi pada wilayah ini.

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa pada umumnya gempa-gempa di wilayah Sumatera Barat memiliki memiliki harga periode ulang yang relatif pendek atau singkat, masih dibawah 50 tahun. Periode ulang yang pendek biasanya berkorelasi dengan nilai a dan nilai b yang rendah.

Semakin besar magnitudo gempa bumi, maka periode ulang nya lebih lama, hal ini juga di dukung dalam teori elastisitas *rebound* yang menyatakan bahwa pergerakan lempeng yang mempunyai fase pengumpulan energi dalam jangka waktu lama kemudian masa pelepasan energi yaitu pada saat gempa bumi besar. Dengan kata lain semakin besar periode ulang suatu gempa bumi, semakin besar pula magnitudo gempa bumi yang akan terjadi.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya parameter seismisitas wilayah Sumatera Barat pada periode 1961-2010, yaitu nilai a sebesar 6,218 dan nilai b sebesar 0,666, serta indeks seismisitas untuk magnitudo 5-9 SR yaitu antara 10,142-0,022. Periode ulang gempa bumi untuk rentang magnitudo 5-9 SR adalah berkisar antara 0,099-45,302 tahun atau setara dengan 36-16.535 hari. Gempa-gempa di wilayah Sumatera Barat memiliki memiliki periode ulang yang relatif pendek kurang dari 50 tahun. Gempa bumi dengan magnitudo terbesar, yaitu gempa bumi dengan kekuatan 9,1 SR akan mengalami periode ulang yang lebih lama.
2. Secara umum dapat disimpulkan bahwa wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat seismisitas tinggi yang dibuktikan dengan seringnya terjadi gempa bumi dangkal pada kedalaman 17,6-35,1 km dengan magnitudo antara 5,3-5,6 SR yang dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup signifikan, terutama di wilayah daratan.

Saran

Berikut ini merupakan saran untuk mengatasi masalah yang muncul dalam perhitungan data dalam penelitian ini, antara lain:

- (1) pembagian distribusi magnitudo secara statistik dengan aturan *sturgess* lebih teliti dan akurat, semakin banyak kelas distribusi magnitudo semakin banyak titik-titik yang akan tergambar dalam grafik hubungan antara log frekuensi dan magnitudo, (2) Perbandingan dengan metode lainnya selain metode kuadrat terkecil akan membantu untuk mengetahui metode yang paling akurat untuk analisis statistik tingkat seismisitas suatu wilayah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada IRIS (<http://www.iris.edu/SeismiQuery.htm>) yang telah menyediakan akses data seismologi, lebih lanjut penulis mengucapkan terimakasih kepada Wyss M, Wiemer, S, and Zúñiga, R, yang menyediakan akses *opensource software Z-MAP 6.0* untuk mengolah data penelitian penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alabi, A. A., Akinyemi, O. D., Adewale, A. 2013. *Seismicity Pattern in Southern Africa from 1986 to 2009*. Earth Science Research Vol 2, No 2, 2013. Canadian Center of Science and Education. Canada
- Budiono, A. D. A. 2011. *Evaluasi Peak Ground Acceleration untuk Peta Gempa Indonesia di Kota Padang*. ITS Undergraduate Paper. Surabaya.
- Edwiza, D. 2009. *Kajian terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat*. Jurnal TeknikA Vol 1, No 29, 2009. Laboratorium Geofisika Jurusan Teknik Sipil Unand.
- Hamidah, M. 2011. *Analisis Seismisitas dan Pemetaan Lokasi Persebaran Gempa Wilayah Jawa Timur Periode 1973-2010*. Skripsi (tidak dipublikasikan). Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Kanamori, Hiroo and Brodsky, E. E. 2004. *The Physics of Earthquakes*. Report on progress in physics. Institute Of Physics Publishing 67 (2004) 1429-1496. Los Angeles. USA.
- Ngatmanto, D. 2009. *Penentuan Potensi Gempa bumi Merusak Berdasarkan Parameter Kegempaan Di Wilayah Busur Banda*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika.
- _____. 2012. *Analisis Indeks Kerentanan Seismik Di Kota Padang, Sumatera Barat*. Makalah disajikan dalam seminar bulanan Scientific Journal Club BMKG. Surabaya 27 September 2012.
- Rohadi, S., Grandis, H., dan Mezak A. Ratag. 2008. *Studi Potensi Seismotektonik Sebagai Precursor Tingkat Kegempaan Di Wilayah Sumatera*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol 9, No 2, 2008.
- Shearer, P. M. 2009. *Introduction To Seismology Second Edition*. Cambridge University Press. London. UK
- Sudjana. 1996. *Metoda Statistika Edisi ke 6*. Tarsito. Bandung
- Susilawati. 2008. *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaahan Struktur Bagian Dalam Bumi*. Medan: USU
- Wyss, M., Wiemer, S. 2000. *Minimum Magnitudo of Completeness in Earthquake Catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan*. Buletin of the Seismological Society of America 90, 4, pp. 859-869 August.