



## KAJIAN STATISTIK SEISMISITAS KAWASAN SUMATERA\*

Warni Asnita<sup>\*1</sup>, Didik Sugiyanto<sup>2</sup>, Ibnu Rusydy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geophysics Engineering, Syiah Kuala University, Banda Aceh

<sup>2</sup>Department of Physics, Syiah Kuala University, Banda Aceh

<sup>3</sup>Department of Geology Engineering, Syiah Kuala University, Banda Aceh

\*Email: warni\_asnita@yahoo.co.id

**Abstract.** The research was conducted in order to identify the distribution of seismicity, repeated periods of earthquakes and the probability of earthquake in Sumatra using Likelihood Maximum methods. Earthquake data from the ISC and USGS catalogue were used. Earthquake data from 1914-2014 (100 year span) with magnitude of ( $M$ )  $\geq$  SR and depth ( $h$ )  $\leq$  100 km that is located at  $6^{\circ}$ LS –  $10^{\circ}$ LU and  $92^{\circ}$ BT –  $108^{\circ}$ BT. The latitude and longitude coordinates were divided into 21 regions. The results showed distribution of seismicity in Sumatran as much as 3634 events of earthquake during the 100 last years. The distribution of seismicity in Sumatra is quite high. From data shown, there was value  $a$ , which is between 4.81 - 9.94 and value  $b$  which is between 0.54 - 1.32. This condition indicated an index value of  $M \geq$  SR, which is between 0.006 - 0.076 and repeated periods between 13 - 175 years with the probability of earthquake  $M \geq$  SR between 5.6% - 99.9% for  $T$  (time) = 10, 50 and 100 years.

**Keywords:** seismicity,  $a$  value,  $b$  value, Likelihood Maximum..

### I. PENDAHULUAN

Pulau Sumatera merupakan salah satu wilayah yang memiliki tatanan tektonik yang cukup unik, sehingga banyak pakar geologi dan kebumihan yang memberikan perhatian khusus terhadap pulau ini. Hal ini dikarenakan pulau Sumatera memiliki dua kondisi geologi yang dapat mempengaruhi aktivitas seismik dan kondisi tektonik pulau Sumatera. Pertama, zona subduksi yang merupakan batas antar lempeng India-Australia yang menunjang ke dalam lempeng Eurasia. Zona ini berpotensi menimbulkan gempa bumi dengan magnitudo relatif lebih besar sehingga sangat mungkin bisa menimbulkan tsunami [1]. Kedua, zona sesar Sumatera yang juga dikenal sebagai sesar Semangko atau *Sumateran Fault Zone* (SFZ). Zona ini membelah pulau Sumatera menjadi dua, membentang sepanjang pegunungan Bukit Barisan, dari laut Andaman sampai ke Teluk Semangko [2]. Kedua zona inilah yang menyebabkan pulau Sumatera sangat rawan terhadap bencana gempa bumi. Sebaran kegempaan dan tinjauan tektonik pada suatu daerah dapat dilihat secara kualitatif dengan menggunakan metode statistik, sehingga dapat diketahui tingkat keaktifan gempa

bumi, indeks seismisitas, tingkat risiko gempa atau probabilitas dan periode ulang gempa dengan magnitudo tertentu pada suatu daerah. Semua parameter tersebut dapat diperoleh dari perhitungan statistik konstanta  $b$  atau nilai  $b$  ( $b$  value) [1,3,4]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kegempaan, mengetahui nilai periode ulang gempa bumi yang terjadi dan mengetahui besarnya probabilitas gempa bumi di wilayah Sumatera.

### II. METODE PENELITIAN

Wilayah penelitian meliputi daerah Sumatera yang dibatasi dengan koordinat  $6^{\circ}$ LU –  $10^{\circ}$ LS dan  $92^{\circ}$ BT –  $108^{\circ}$ BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari katalog gempa bumi ISC (*International Seismological Centre*) dan USGS (*United States Geological Survey*), selama kurun waktu 100 (1914 – 2014) dengan magnitudo  $\geq$  5 SR dan kedalaman  $\leq$  100 km yang didapat dari katalog data. Selanjutnya data tersebut dianalisis secara statistik dengan menggunakan metode Maksimum Likelihood [5], pada *software Microsoft Office Excel*. Secara matematis formulanya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_0} \quad (1)$$

Dimana  $\bar{M}$  adalah magnitudo rata-rata,  $M_0$  adalah nilai magnitudo minimum. Untuk nilai  $\alpha$  dapat dicari dari hubungan frekuensi kumulatif  $M \geq M_0$ , yaitu:

$$\alpha = \log N(M \geq M_0) + \log (b \ln 10) + M_0 b \quad (2)$$

Indeks seismisitas merupakan harga yang menggambarkan jumlah total kejadian gempa bumi yang terjadi dalam kurun waktu tertentu dengan magnitudo lebih besar dari magnitudo  $M_0$  pada suatu daerah pengamatan. Indeks seismisitas dapat dihitung dengan persamaan:

$$N_1(M \geq M_0) = 10^{\alpha_1 - M_0 b} \quad (3)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha - \log T \\ \alpha' &= \alpha_1 - \log (b \ln 10) \\ \alpha'_1 &= \alpha' - \log T \end{aligned} \quad (4)$$

Dengan metode statistik, gempa bumi yang pernah terjadi di suatu daerah tertentu dapat diperkirakan kapan akan terulang lagi dengan skala sama, sehingga dapat meminimalkan kerusakan yang mungkin terjadi. Untuk mendapatkan rata-rata periode ulang gempa bumi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

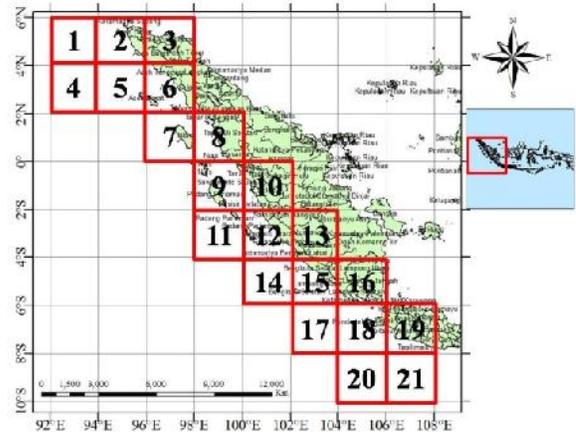
$$\text{Peluang } (\Theta) = \frac{1}{N_1(M \geq M_0)} \quad (5)$$

Probabilitas kejadian gempa bumi adalah kemungkinan terjadinya gempa bumi merusak disuatu daerah pada kurun waktu tertentu. Harga tingkat risiko gempa bumi sangat berguna untuk perencanaan bangunan tahan gempa. Bila kita anggap distribusi interval waktu mengikuti bentuk eksponensial  $e^{-NT}$ , maka kemungkinan terjadinya gempa bumi dengan magnitudo lebih besar daripada  $M$  selama periode  $T$  adalah:

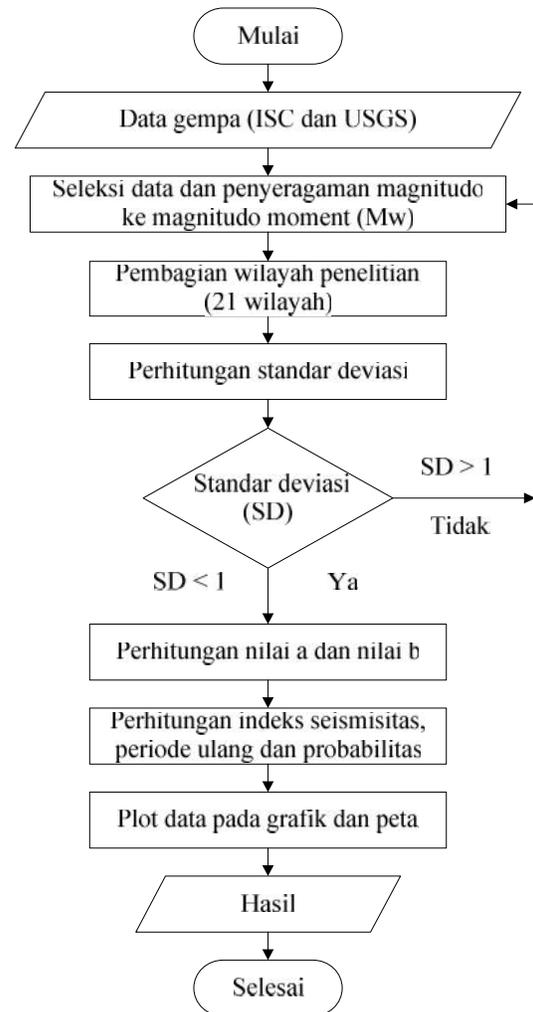
$$P(M, T) = 1 - e^{-N_1(M \geq M_0)T} \quad (6)$$

Agar memudahkan dalam perhitungan, maka wilayah penelitian dibagi lagi menjadi 21 wilayah, seperti

yang terlihat pada Gambar 1, dengan luas tiap-tiap wilayah  $2^0 \times 2^0$  atau 49568,57 km.



Gambar 1. Peta pembagian wilayah penelitian di Pulau Sumatera

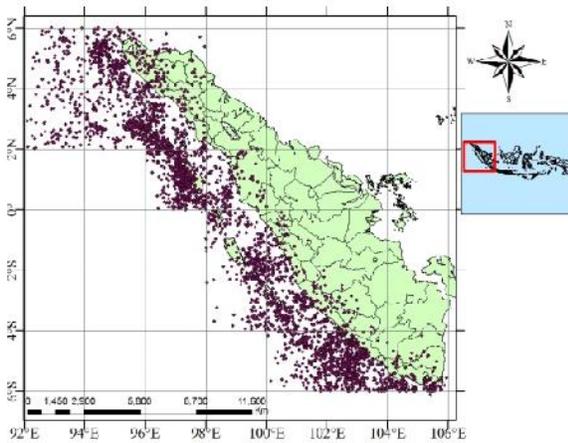


Gambar 2. Diagram alir pengolahan data

Untuk menghitung nilai  $\alpha$ , nilai b, indeks seismisitas, periode ulang dan probabilitas gempa bumi serta sebaran seismisitas di wilayah Sumatera, wilayah 17, 18, 19, 20 dan 21, tidak dimasukkan kedalam perhitungan. Disebabkan wilayah-wilayah ini tidak termasuk dalam koordinat wilayah Sumatera. Gambar 2 menunjukkan diagram alir pengolahan data dari penelitian ini.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

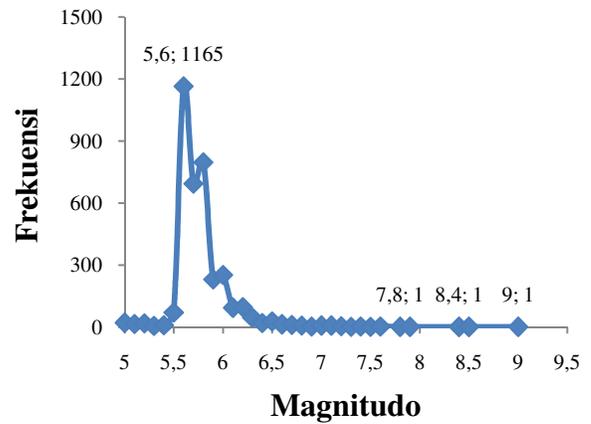
Pulau Sumatera merupakan daerah yang sangat aktif atas aktifitas seismiknya, hal ini terbukti bahwa di pulau Sumatera sangat sering terjadi gempa. Selama kurun waktu 100 tahun, telah terjadi sebanyak 3634 event gempa, termasuk juga gempa dengan kekuatan besar,  $M \geq 9.0$  SR pada 26 Desember 2004 lalu, yang banyak memakan korban jiwa dan juga berpotensi tsunami. Dari data yang didapatkan, maka dapat diperoleh hasil pemetaan sebaran gempa bumi yang ada di wilayah Sumatera periode tahun 1914-2014 (Gambar 3).



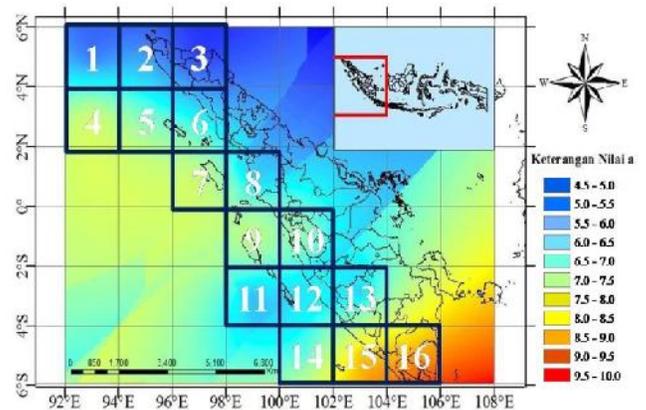
Gambar 3. Sebaran gempa bumi di wilayah Sumatera periode tahun 1914-2014

Selain itu, untuk melihat distribusi magnitudo berdasarkan frekuensi gempa pada wilayah Sumatera dapat dilihat pada Gambar 4. Selama kurun waktu 100 tahun untuk periode 1914-2014, wilayah Sumatera mencatat 3634 kejadian gempa bumi untuk skala  $M \geq 5$  SR. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa berdasarkan frekuensi kejadiannya, magnitudo 5,6 SR sangat sering terjadi yaitu sebanyak 1165 kali kemudian disusul dengan magnitudo 5,8 SR dengan 797 kali dan 5,7 SR dengan 694 kali. Gempa besar dengan magnitudo 7.8

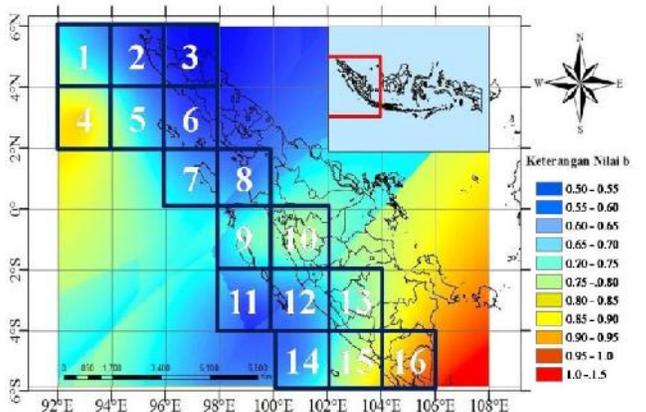
SR, 7.9 SR, 8.4 SR, 8.5 SR dan 9 SR terjadi cuma hanya 1 kali.



Gambar 4. Distribusi magnitudo berdasarkan frekuensi kejadian gempa di Pulau Sumatera



Gambar 5. Peta nilai  $\alpha$  menggunakan Software ArcGis



Gambar 6. Peta nilai b menggunakan Software ArcGis

Secara teori nilai  $\alpha$  didefinisikan sebagai tingkat keaktifan seismik pada suatu daerah. Semakin besar nilai  $\alpha$  pada suatu daerah, berarti tingkat keaktifan seismik pada daerah tersebut semakin aktif. Sebaliknya, jika nilai  $\alpha$  pada suatu daerah itu kecil, maka aktifitas seismiknya juga kecil [6]. Nilai  $b$  merupakan salah satu parameter keadaan tektonik di suatu daerah yang sedang diamati dan tergantung dari sifat batuan setempat serta tingkat kerapuhan batumannya. Nilai  $b$  juga berkorelasi dengan tingkat stress pada batuan [7]. Makin besar nilai  $b$  berarti makin besar pula tingkat kerapuhan batumannya. Sebaliknya jika nilai  $b$  kecil berarti makin kecil pula tingkat kerapuhan batumannya. Dengan kata lain, untuk  $b$  yang besar daya tahan batuan terhadap *stress* kecil. Sedangkan untuk  $b$  yang kecil daya tahan batuan terhadap *stress* besar [6]. Meskipun demikian beberapa ahli mengatakan bahwa nilai  $b$  ini konstan dan bernilai sekitar 1. Walaupun ada perbedaan, hal itu lebih karena perbedaan data dan metode perhitungan yang digunakan.

Tabel 1. Indeks seismisitas, periode ulang dan probabilitas gempa di wilayah Sumatera

Wilayah	Indeks Seismisitas	Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas		
			10 Tahun (%)	50 Tahun (%)	100 Tahun (%)
1	0.008	119	8.1	34.3	56.8
2	0.035	29	29.4	82.4	96.9
3	0.009	115	8.3	35.3	58.1
4	0.012	81	11.6	46.1	70.9
5	0.026	39	22.8	72.6	92.5
6	0.031	32	26.7	78.8	95.5
7	0.054	18	41.9	93.4	99.6
8	0.015	68	13.6	51.8	76.8
9	0.028	36	24.4	75.3	93.9
10	0.013	79	11.9	46.9	71.8
11	0.013	79	11.9	47.0	71.9
12	0.03	34	25.6	77.2	94.8
13	0.006	175	5.6	24.9	43.6
14	0.022	45	19.9	67.0	89.1
15	0.071	14	50.7	97.1	99.9
16	0.076	13	53.2	97.8	99.9

Sebagai pembanding, Gunawan dan Wandono (2000), menyatakan bahwa harga nilai  $b$  untuk daerah

Indonesia berkisar antara 0.75 sampai dengan 1.09 dengan menggunakan data dari tahun 1900-1998 dengan pembagian 5 wilayah yang berbeda [4].

Dari hasil penelitian ini didapat nilai  $\alpha$  tertinggi berada pada wilayah yang meliputi daerah sekitar Lampung. Dan nilai  $\alpha$  terendah terdapat pada wilayah meliputi daerah sekitar Aceh, Nias dan sekitar Bengkulu Utara (Gambar 5). Sedangkan nilai  $b$  tertinggi juga terdapat pada daerah sekitar Lampung. Dan nilai  $b$  terendah berada di wilayah yang meliputi daerah sekitar Aceh, pulau Simeuleu, Nias, kepulauan Mentawai dan sekitar Bengkulu Utara (Gambar 6). Adapun nilai periode ulang yang didapat dari ke 16 wilayah penelitian dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil perhitungan dapat dilihat bahwa wilayah 15 dan 16 memiliki nilai probabilitas atau tingkat risiko gempa tertinggi sebesar 99.9 % untuk  $T = 100$  tahun, dengan indeks seismisitas tertinggi sebesar 0.071 dan 0.076, dan juga memiliki periode ulang yang singkat yaitu 14 dan 13 tahun. Sedangkan wilayah 1, 3 dan 13 memiliki tingkat risiko gempa terendah yaitu sebesar 56.8 %, 58.1 % dan 43.6 % untuk  $T = 100$  tahun, dengan indeks seismisitas terendah 0.008, 0.009 dan 0.006 serta memiliki periode ulang terlama yaitu 119, 115 dan 175 tahun.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dalam kurun waktu 100 tahun periode 1914-2014, telah terjadi sebanyak 3634 kejadian gempa dengan magnitudo  $M \geq 5$  SR dan kedalaman  $h \leq 100$  Km di wilayah Sumatera dan sekitarnya. Nilai  $\alpha$  pada 16 wilayah di Sumatera berkisar antara 4.81 sampai 9.94 dengan magnitudo  $M \geq 5$  SR. Sedangkan nilai  $b$  pada 16 wilayah di Sumatera berkisar antara 0.54 sampai 1.32 dengan magnitudo  $M \geq 5$  SR. Periode ulang untuk gempa bumi merusak dengan  $M \geq 5$  SR pada 16 wilayah di Sumatera berbeda-beda, nilainya berkisar antara 13 sampai 175 tahun. Probabilitas gempa bumi merusak dengan magnitudo  $M \geq 5$  SR pada 16 wilayah di Sumatera dalam kurun waktu 10 sampai 100 berkisar antara 5.6% sampai 99.9%.

## REFERENSI

1. Madlazim. 2013. Kajian Awal tentang *b Value* Gempa Bumi di Sumatra Tahun 1964-2013. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA) ISSN* 3(1): 2087-9946.
2. Natawidjaja, D. H. 2002. Neotectonics of the Sumatra Fault and Paleogeodesy of the Sumatra

- Subduction Zone. *Thesis*. California Institute of Technology Pasadena.
3. Rohadi, S, Grandis, H, dan Ratag, M. A. 2008. Studi Potensi Seismotektonik sebagai *Precursor* Tingkat Kegempaan di Wilayah Sumatra. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 9(02): 65-77.
  4. Adzkie, M. 2010. Perhitungan *b Value* Menggunakan Metode *Likelihood* untuk Daerah Sumatra Barat dan Sekitarnya (03 Juni 1909 – 23 Desember 2009). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
  5. Utsu, T. 1965. A Method for Determining the Value of *b* in a Formula  $\log N = a - bM$  Showing the Magnitude Frequency for Earthquakes. *Bulletin of the Geophysical, Hokkaido University* (13): 99–103.
  6. Rusdin, A. A. 2009. Analisa Statistik Seismisitas Sulawesi Selatan dan Sekitarnya (Tahun 1938 – 2008). *Laporan Kerja*. Akademi Meteorologi dan Geofisika. Tangerang.
  7. Scholz, C. H. 1968. The frequency magnitude relation of micro fracturing in rock and its relation to earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America* 58: 399-415.