

ANALISIS SEISMISITAS WILAYAH ACEH PASCA GEMPA 26 DESEMBER 2004

Dina Gunarsih^{1*}, Muhammad Arief Akbar², Lia Fitria Rahmatillah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Geologi, Universitas Syiah Kuala
Corresponding Author's e-mail : dinagunarsih@usk.ac.id^{1*}

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 1, No. 6 June 2023

Page: 433-438

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v1i6.579>

Article History:

Received: May, 26 2023

Revised: June, 03 2023

Accepted: June, 05 2023

Abstract: Aceh is in a subduction tectonic setting and is crossed by the Sumatran Fault, so it has a high potential for seismic activity. This study aims to determine seismic characteristics, including seismicity index, earthquake risk level, and earthquake return period after the December 26, 2004 earthquake and tsunami. The method used is the Likelihood, while the data used are earthquake data from 2005 to 2008. Based on the calculation results, the b – value for the Aceh region is $1 - 1.5$, the seismicity index varies from 0.01 to 5.13. Earthquake return period $M \geq 5$ is the lowest in a matter of two months with a probability of 100%, $M \geq 6$ is a minimum of one year with a probability of more than 90%, $M \geq 7$ is a minimum of six years with a probability of 55% - 56%, and $M \geq 8$ lowest 31 years with a probability of 59%. It can be concluded that the potential for a large earthquake like the 2004 earthquake to recur would take tens of years because quite a large amount of energy was released during the 2004 earthquake.

Keywords: Aceh, Earthquake, Likelihood, Seismicity.

Abstrak: Aceh berada pada tatanan tektonik subduksi dan dilintasi oleh Sesar Sumatera sehingga memiliki potensi aktivitas seismik yang tinggi. Studi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik seismik yang meliputi indeks seismisitas, tingkat risiko gempa dan periode ulang gempa setelah kejadian gempa dan Tsunami 26 Desember 2004. Metode yang digunakan adalah metode Likelihood, sedangkan data yang digunakan adalah data gempa tahun 2005 sampai 2008. Berdasarkan hasil perhitungan, b – value wilayah Aceh adalah $1 - 1.5$, indeks seismisitas bervariasi dari 0.01 hingga 5.13. Periode ulang gempa $M \geq 5$ paling rendah dalam hitungan dua bulan dengan probabilitas 100%, $M \geq 6$ paling rendah satu tahun dengan probabilitas lebih dari 90%, $M \geq 7$ paling rendah enam tahun dengan probabilitas 55% - 56%, dan $M \geq 8$ paling rendah 31 tahun dengan probabilitas 59%. Hasil penelitian disimpulkan bahwa potensi untuk terulang kembali gempa besar seperti gempa 2004 memerlukan waktu puluhan tahun karena energi cukup besar sudah dilepaskan saat gempa 2004.

Kata Kunci: Aceh, Gempa Bumi, Likelihood, Seismisitas.

PENDAHULUAN

Secara geologi, Indonesia berada pada tatanan yang kompleks dengan aktivitas seismik dan vulkanisme yang intensif. Bagian barat Indonesia dibatasi oleh Palung Sunda pada pertemuan Lempeng Eurasia dan India serta paralel dengan Sesar Sumatera (Hall, 2009). Oleh karena itu, aktivitas seismik di Aceh dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Eurasia – India dan Sumateran Fault Zone (Natawidjaja, 2002). Wilayah dengan aktivitas tektonik yang aktif ini akan sering mengalami deformasi akibat pelepasan energi karena daya dukung batuan yang mencapai batas maksimumnya. Energi dilepaskan dalam bentuk gempa bumi.

Kajian seismisitas menarik untuk dikaji lebih lanjut terutama pada daerah yang secara geologi berada di batas – batas lempeng aktif seperti zona subduksi. Hal tersebut karena daerah ini rawan akan bencana gempa bumi. Gempa bumi umumnya bersifat merusak dalam waktu singkat serta menimbulkan korban jiwa dan benda. Bencana alam ini belum dapat diprediksikan secara pasti, namun dapat dipelajari berdasarkan karakteristik seismik yang meliputi indeks seismisitas, tingkat risiko gempa dan periode ulang gempa. Karakteristik tersebut dianalisis berdasarkan perhitungan statistik konstanta b (b value).

Kajian b -value wilayah Aceh telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang menggunakan data gempa tahun 1964 - 2013 (Madlazim, 2013) dan data gempa tahun 1914 - 2014 (Asnita dkk., 2016). Hasil kajian tersebut menunjukkan bahwa nilai b di wilayah Aceh tergolong rendah sehingga berpeluang untuk terjadinya gempa besar. Ditinjau dari historis gempa bumi di Aceh sebelum 2004, wilayah ini termasuk wilayah yang jarang terjadi gempa bumi meskipun secara geologi berada pada batas lempeng aktif subduksi serta terdapat Sesar Sumatera. Oleh karena itu nilai b dari kedua penelitian tersebut di atas tergolong rendah. Aktivitas tektonik yang rendah di wilayah batas lempeng aktif ini perlu diwaspadai karena bisa saja wilayah tersebut termasuk ke dalam *seismic gap* (Fedotov, 1965; Nishenko & Singh, 1987; Lomnitz, 1996). Di Pulau Sumatera terdapat beberapa kawasan yang diduga sebagai *seismic gap* (Aydan, 2008).

Pada kajian ini, data yang digunakan adalah data gempa tahun 2005 – 2008, yaitu setelah gempa Aceh 26 Desember 2004. Dalam kurun waktu tersebut, aktivitas seismik menjadi sangat meningkat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis indeks seismisitas, tingkat risiko gempa dan periode ulang gempa di Aceh pasca gempa 26 Desember 2004 terjadi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menganalisis karakteristik gempa bumi di Aceh berdasarkan data kegempaan diperoleh dari United States Geological Survei (USGS) mulai tahun 2005 – 2008 dengan batasan wilayah 6° LU – 2° LU dan 92° BT – 98° BT yang dibagi menjadi 12 wilayah (Gambar 1). Data gempa berjumlah 1854 gempa dengan magnitudo $M \geq 4$.

Penentuan nilai keaktifan gempa, indeks seismisitas, tingkat risiko dan periode ulang di daerah Aceh digunakan metode Likelihood. Metode statistik ini umumnya digunakan untuk melihat hubungan frekuensi gempa dan magnitudo (Utsu, 1965; Aki, 1965). Adapun rumusan perhitungannya dituliskan sebagai berikut.

$$b = \log e / (M - M_0)$$

M adalah magnitudo rata – rata dan M_0 adalah nilai magnitudo minimum. Nilai a dihitung berdasarkan hubungan frekuensi kumulatif $M \geq M_0$ dengan rumus berikut.

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

Indeks seismisitas menggambarkan jumlah total kejadian gempa bumi yang terjadi dalam waktu satu tahun dengan magnitud lebih besar dari magnitud M_0 di wilayah pengamatan. Perhitungan indeks seismisitas dengan fomula sebagai berikut:

$$N_1 (M \geq M_0) = 10^{\alpha_1 - M_0 b}, \text{ dimana } \alpha_1 = \alpha - \log T$$

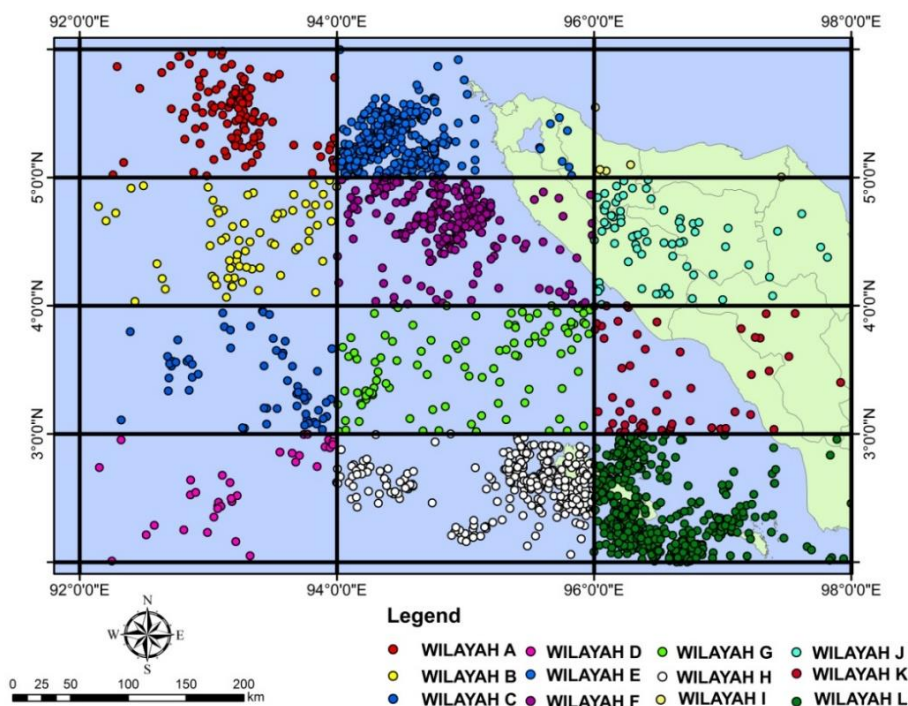
Tingkat risiko kejadian gempa bumi atau probabilitas gempa bumi adalah kemungkinan terjadinya gempa bumi merusak di suatu daerah dalam kurun waktu tertentu. Hal ini bermanfaat

sebagai kajian mitigasi bencana gempa bumi sehingga adanya kesiapsiagaan untuk menghadapi bencana tersebut. Jika distribusi interval waktu didasarkan pada eksponensial $e^{(-NT)}$, maka probabilitas kejadian gempa bumi dengan magnitudo lebih besar daripada M selama periode T adalah:

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

Pada kajian ini menggunakan perangkat lunak ArcGIS untuk membuat peta pembagian wilayah penelitian, perangkat lunak Zmap untuk membuat peta nilai b dan nilai a , serta Microsoft Excel untuk perhitungan karakteristik seismik dari data gempa.

PETA PEMBAGIAN WILAYAH PENELITIAN ANALISIS SEISMISITAS DI ACEH



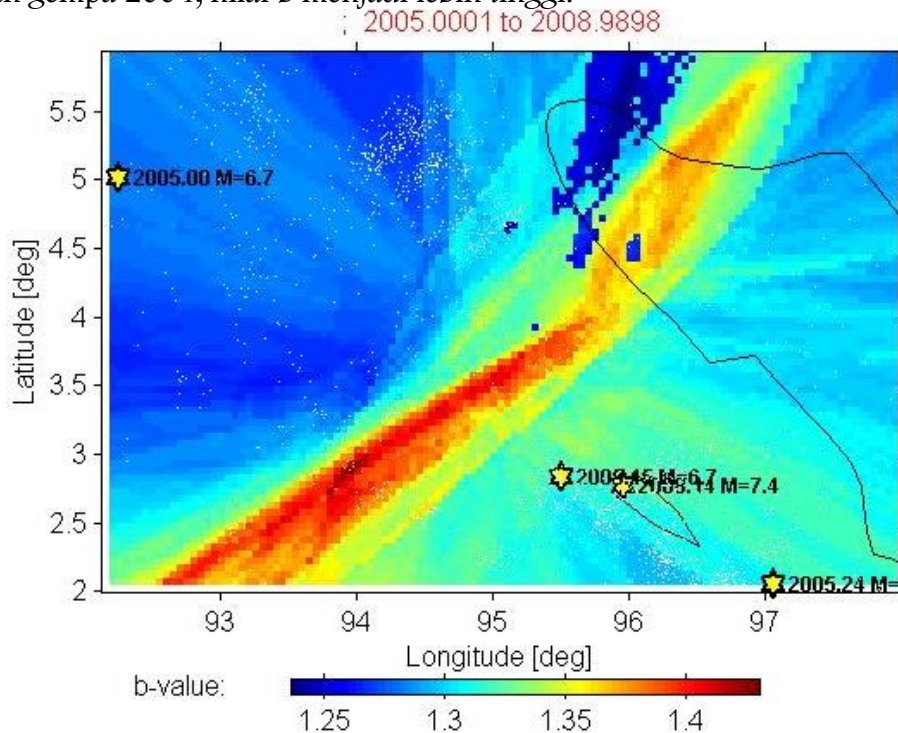
Gambar 1. Distribusi gempa dan pembagian wilayah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

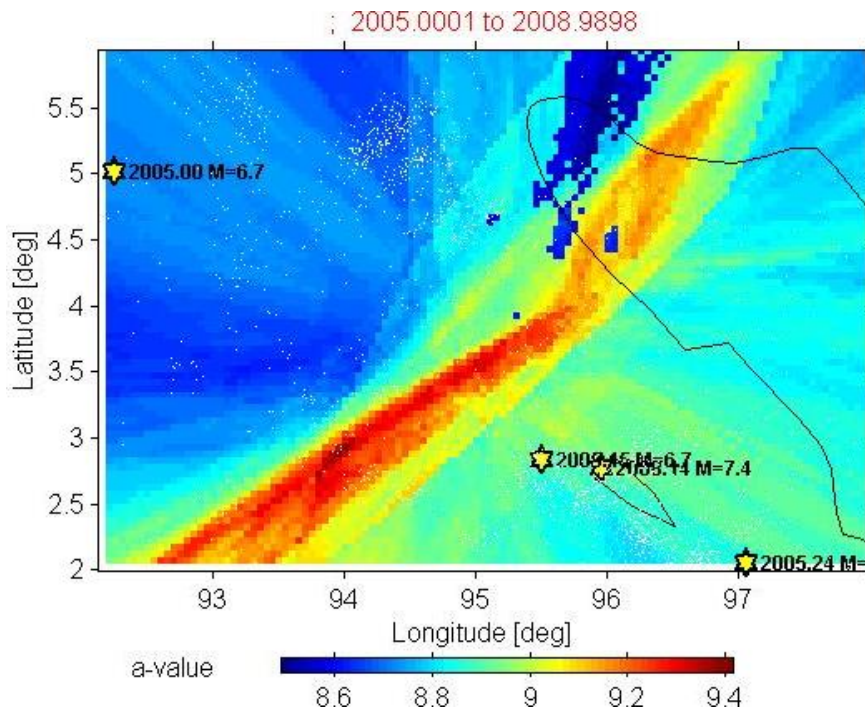
Pulau Sumatera yang terletak di batas lempeng subduksi Eurasia dan India serta berada pada jalur Sesar Sumatera, secara geologi berada pada zona aktivitas seismik yang aktif. Riwayat gempa $M \geq 8$ pernah terjadi di Aceh. Tahun 1907, gempa $M 8.2$ mengguncang Simeulue dan disusul oleh gelombang tsunami yang kala itu disebut dengan istilah *smong*. Sejak saat itu, gempa $M \geq 8$ tidak terjadi di wilayah Aceh hingga tahun 2004 terjadi kembali gempa dengan kekuatan lebih besar yaitu $M 9.1$. Aktivitas seismik meningkat setelah gempa Aceh 26 Desember 2004 yang diikuti oleh bencana Tsunami. Berdasarkan data USGS selama empat tahun (2005 – 2008) telah terjadi 1854 gempa dengan magnitudo $M \geq 4$ dengan distribusi pada Gambar 1.

Dari hasil kajian statistik data gempa 2004 – 2008, secara umum nilai b (Gambar 2) di wilayah Aceh tergolong tinggi, yaitu berada di angka 1 – 1.5. Hal ini karena energi yang tersisa masih terus dilepaskan. Keaktifan seismik juga tinggi selama kurun waktu tersebut (Gambar 3). Nilai b yang rendah menunjukkan tingkat kerapuhan batuan yang rendah, sedangkan nilai b yang tinggi menunjukkan tingkat kerapuhan batuan yang tinggi. Nilai b rendah berhubungan dengan tingkat *stress* yang tinggi dan berpeluang terjadinya gempa besar. Batuan yang tidak mudah rapuh memerlukan energi yang besar untuk menghasilkan gempa. Oleh sebab itu, nilai b yang rendah berpeluang untuk terjadi gempa besar. Sebelum terjadi gempa besar, nilai b berada pada posisi yang terendah, seperti pada kajian (Asnita dkk., 2016). Dari tahun 1907 hingga sebelum gempa 26 Desember 2004, tercatat 236 gempa magnitudo $M \geq 5$. Artinya bahwa selama

kurun waktu 90 tahunan sedang dikumpulkan energi untuk menghasilkan gempa besar tersebut. Sebaliknya, setelah gempa 2004, nilai b menjadi lebih tinggi.



Gambar 2. Nilai b wilayah Aceh berdasarkan data gempa 2005 – 2008.



Gambar 3. Nilai a (keaktifan seismik) wilayah Aceh berdasarkan data gempa 2005 – 2008.

Adapun periode ulang beserta probabilitas kejadian gempa bervariasi tergantung kepada nilai indeks seismisitasnya. Apabila periode ulang rendah, maka indeks seismisitas tinggi. Sebaliknya, indeks seismisitas yang rendah, maka periode ulang gempa tersebut tinggi. Secara umum berdasarkan hasil perhitungan, wilayah Aceh memiliki nilai indeks seismisitas tinggi

untuk gempa magnitudo $M \geq 5$. Oleh karena itu, periode ulang gempa rendah, bahkan dalam hitungan bulan dan persentase probabilitas di atas 90% (Tabel 1).

Tabel 1. Indeks seismisitas, periode ulang dan probabilitas gempa bumi wilayah Aceh

Wilayah	Magnitudo	Indeks Seismisitas	Periode Ulang (Tahun)	Probabilitas (%)			
				5 tahun	15 tahun	25 tahun	30 tahun
A	$M \geq 5$	0,94	1	99	100	100	100
	$M \geq 6$	0,13	7	47	85	96	98
	$M \geq 7$	0,02	58	8	23	35	40
	$M \geq 8$	0,00	429	1	3	6	7
B	$M \geq 5$	0,50	2	92	100	100	100
	$M \geq 6$	0,06	17	25	58	77	83
	$M \geq 7$	0,01	146	3	10	16	18
	$M \geq 8$	0,00	1253	0	1	2	2
C	$M \geq 5$	0,91	1	99	100	100	100
	$M \geq 6$	0,22	4	66	96	100	100
	$M \geq 7$	0,05	19	23	54	73	79
	$M \geq 8$	0,01	80	6	17	27	31
D	$M \geq 5$	0,38	2	85	100	100	100
	$M \geq 6$	0,06	15	28	62	80	86
	$M \geq 7$	0,01	89	5	15	24	28
	$M \geq 8$	0,00	519	1	3	5	6
E	$M \geq 5$	3,90	3 bulan	100	100	100	100
	$M \geq 6$	0,79	1	98	100	100	100
	$M \geq 7$	0,16	6	55	91	98	99
	$M \geq 8$	0,03	31	15	38	55	61
F	$M \geq 5$	2,71	4 bulan	100	100	100	100
	$M \geq 6$	0,51	1	92	100	100	100
	$M \geq 7$	0,09	10	38	76	91	94
	$M \geq 8$	0,02	56	8	23	36	41
G	$M \geq 5$	0,79	1	98	100	100	100
	$M \geq 6$	0,10	10	39	77	91	95
	$M \geq 7$	0,01	81	6	17	26	31
	$M \geq 8$	0,00	656	1	2	4	4
H	$M \geq 5$	3,75	3 bulan	100	100	100	100
	$M \geq 6$	0,68	1	97	100	100	100
	$M \geq 7$	0,12	8	46	85	96	98
	$M \geq 8$	0,02	44	11	29	43	49
J	$M \geq 5$	0,72	1	97	100	100	100
	$M \geq 6$	0,12	8	45	83	95	97
	$M \geq 7$	0,02	50	9	26	39	45
	$M \geq 8$	0,00	305	2	5	8	9
K	$M \geq 5$	0,46	2	90	100	100	100
	$M \geq 6$	0,06	15	27	61	79	85
	$M \geq 7$	0,01	116	4	12	19	23
	$M \geq 8$	0,00	857	1	2	3	3
L	$M \geq 5$	5,13	2 bulan	100	100	100	100
	$M \geq 6$	0,92	1	99	100	100	100
	$M \geq 7$	0,16	6	56	92	98	99
	$M \geq 8$	0,03	33	14	36	52	59

Gempa magnitudo $M \geq 6$ memiliki periode ulang paling rendah yaitu satu tahun dengan probabilitas di atas 90%. Sementara untuk gempa magnitudo $M \geq 7$, periode ulang terendah yaitu enam tahun dengan probabilitas 55% - 56%. Pasca gempa 26 Desember 2004, gempa dengan $M \geq 7$ telah terjadi sebanyak empat kali, yaitu; 1) gempa M 7.4 pada tahun 2008 di barat laut Sinabang, 2) gempa M 7.2 pada tahun 2010 di 45 km selatan-barat daya Meulaboh, 3) gempa M 7.8 pada tahun 2010 di 75 km timur Sinabang, dan 4) gempa M 7.2 pada tahun 2012 di lepas pantai barat Sumatera bagian Utara (<https://earthquake.usgs.gov/>, diakses tahun 2023)

Gempa magnitudo $M \geq 8$ memiliki periode ulang paling rendah 31 tahun, dengan probabilitas yang cukup rendah yaitu sekitar 61%. Artinya, kemungkinan untuk terjadi pengulangan gempa $M \geq 8$ dalam waktu 30 tahunan masih sangat kecil. Hal ini karena energi yang cukup besar sudah dilepaskan pada saat gempa 26 Desember 2004, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama lagi untuk mengumpulkan energi menghasilkan gempa besar. Meskipun dari perhitungan probabilitas tersebut menunjukkan kemungkinan yang tergolong rendah, kesiapsiagaan terhadap bencana gempa bumi tersebut harus tetap dilakukan.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian seismisitas wilayah Aceh pasca gempa 26 Desember 2004, terjadi peningkatan aktivitas seismik di wilayah ini dengan b-value berkisar dari 1 – 1.5. Indeks seismisitas bervariasi dari 0.01 hingga 5.13. Periode ulang gempa $M \geq 5$ paling rendah dalam hitungan dua bulan dengan probabilitas 100%, $M \geq 6$ paling rendah satu tahun dengan probabilitas lebih dari 90%, $M \geq 7$ paling rendah enam tahun dengan probabilitas 55% - 56%, dan $M \geq 8$ paling rendah 31 tahun dengan probabilitas sekitar 61%. Potensi untuk terulang kembali gempa besar seperti gempa 2004 memerlukan waktu puluhan tahun karena energi cukup besar sudah dilepaskan saat gempa 2004.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak BMKG Mata Ie yang telah memberi dukungan baik moril maupun materil terhadap pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of bin the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, *Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo Univ.* 43, 237–239
- Asnita, W., Sugiyanto, D., dan Rusydy, I. (2016). Kajian statistik seismisitas kawasan Sumatera. *Jurnal Natural*, 16, 2.
- Aydan, O. (2008). Seismic and tsunami hazard potentials in Indonesia with a special emphasis on Sumatra Island. *Journal of The School of Marine Science and Technology, Tokai Univ.*, 6, 19 – 38.
- Fedotov S. (1965). Regularities of the distribution of strong earthquakes in Kamchatka, the Kurile Islands and northeastern Japan, *Trans. Ac. Sc. USSR, Inst. Phys. Earth*, 36, 66–93.
- Hall, R. (2009). *Encyclopedia of Island*. University of California Press, Berkeley, 454 – 460.
- Lomnitz C. (1996). Predicting earthquakes with the MRI algorithm, *Seism. Res. Lett.*, 67, 40–46.
- Madlazim. (2013). Kajian awal tentang *b- value* gempa bumi di Sumatra tahun 1964 – 2013. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 3, 41 – 46.
- Natawidjaja, D.H. (2002). Neotectonics of the sumatra fault and paleogeodesy of the Sumatra Subduction Zone. *Thesis*. California Institute of Technology Pasadena.
- Nishenko S.P. Singh S.K. (1987). Conditional probabilities for the recurrence of large and great interplate earthquakes along the Mexican subduction zone, *Bull. seism. Soc. Am.*, 77, 2095–2114.
- 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.

<https://earthquake.usgs.gov/>, diakses tahun 2023