

## KAJIAN SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA BUMI DI ACEH

Rahmad Tauladani<sup>1</sup>, Nazli Ismail<sup>2</sup>, Didik Sugianto<sup>3</sup>

<sup>1)</sup> Magister Ilmu Kebencanaan Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

<sup>2,3)</sup> Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

Email: rahmad\_sij@yahoo.com

**Abstract:** Indonesia is one of the country that is very prone to the tectonic earthquake and tsunami, in particular Aceh areas that face directly with the confluence of two highly active tectonic plates which causes the frequent seismic activity in the area of research. The aim of research is to analyze the level of seismicity and return period of an earthquake that occurred in Aceh by using the relationship between the frequency of earthquakes with magnitudes that can be known seismicity index value and the period of limitation coordinates  $94^{\circ}$ - $100^{\circ}$  BT and  $0^{\circ}$ - $8^{\circ}$  LU, magnitude  $\geq 3.0$  SR and depth of  $\leq 80$  km from 1974 to 2014 that sourced from two catalogs of earthquakes, National Earthquake Information Center (NEIC) and International Seismological Center (ISC). The steps of this research are the conversion of data from both catalogs into data *dat* and analyzed by using software Zmap. The result of analysis between frequency and magnitude of the earthquake shows that the value of *a-value* and *b-value* is the smallest on the island of Simeulue, Northwest Aceh and North Aceh, temporarily re-earquake period is 5SR that ranges between 1-4 months and 6SR that ranges 2-5 years.

**Keywords :** seismicity, *b-value*, earthquake, return period.

**Abstrak:** Indonesia merupakan salah satu negara yang sangat rawan terjadi gempa bumi tektonik dan tsunami, secara khusus wilayah Aceh yang berhadapan langsung dengan pertemuan dua lempeng tektonik yang sangat aktif menyebabkan seringnya terjadi aktifitas seismik di wilayah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempa bumi yang terjadi di wilayah Aceh dengan menggunakan hubungan antara frekuensi dengan magnitudo gempa bumi sehingga dapat diketahui nilai indeks seismisitas dan periode ulangnya dengan batasan koordinat  $94^{\circ}$ - $100^{\circ}$  BT dan  $0^{\circ}$ - $8^{\circ}$  LU, magnitudo  $\geq 3.0$  SR dan kedalaman  $\leq 80$  km dari tahun 1974-2014 yang bersumber dari dua catalog gempabumi National Earthquake Information Center (NEIC) dan International Seismological Center (ISC). Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengubahan data dari kedua catalog menjadi data *dat* dan dianalisis menggunakan software Zmap. Hasil dari analisis antara frekuensi dengan magnitudo gempa bumi menunjukkan bahwa nilai *a-value* dan *b-value* terkecil berada di pulau Simeulue, Barat Laut Aceh dan Utara Aceh, secara temporal periode ulang gempa bumi dengan 5SR berkisar antara 1-4 bulan dan 6SR berkisar antara 2-5 tahun.

**Kata kunci :** seismisitas, *b-value*, gempa bumi, periode ulang.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang sangat rawan terjadi gempa bumi tektonik dan tsunami, secara khusus wilayah Aceh yang berhadapan langsung dengan pertemuan dua lempeng tektonik yang sangat aktif menyebabkan seringnya terjadi aktifitas seismik di wilayah penelitian. Gempa bumi yang memiliki sifat

merusak dalam waktu singkat banyak menimbulkan korban jiwa, oleh karena itu diperlukan suatu pemahaman mengenai karakteristik gempa bumi itu sendiri.

Mitigasi dan kesiapsiagaan dibutuhkan agar tidak banyak jatuh korban jiwa akibat gempa bumi dan tsunami adalah dengan cara melakukan

perhitungan periode ulang gempa bumi dan menganalisis tingkat seismisitas disuatu daerah yaitu dengan cara menganalisis hubungan antara frekuensi kejadian gempa bumi dan magnitudo gempa bumi seperti yang telah dilakukan oleh Rohadi, dkk (2008).

Salah satu parameter untuk mengetahui karakteristik seismik suatu daerah adalah dengan cara menganalisa nilai *a-value* dan *b-value* (Gutenberg and Richter, 1944) terhadap waktu dimana gempa bumi besar yang terjadi sering didahului kenaikan nilai *b* dan diikuti dengan penurunan nilai *b* beberapa minggu atau bulan sebelum terjadinya gempa bumi (Sammonds *et al*, 1992). Dimana dari hasil ini diharapkan dapat diketahui wilayah dengan aktifitas gempa yang sangat tinggi dan bagaimana potensi gempa bumi tersebut bila dilihat dari analisa statistik keaktifan gempa di daerah yang diteliti (Allen *et al*, 1965; Mogi, 1967; Scholz, 1968; Hatzidimitriou *et al*, 1985; Tsapanos, 1990).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Haprobo, (2013) untuk wilayah penelitian Sumatra hingga Andaman, dimana hasil yang didapat untuk periode ulang gempa bumi dengan skala diatas 7 *M<sub>w</sub>* adalah 5-10 tahun di sekitar Pulau Simeulue dan Nias. Penelitian ini difokuskan pada tingkat seismisitas dan periode ulang gempa bumi terkait dengan usaha mitigasi dan kesiapsiagaan bencana gempa bumi dan tsunami di wilayah penelitian

## TINJAUAN PUSTAKA

Wilayah Aceh yang berada di Pulau Sumatra dimana Sumatra merupakan pulau yang berhadapan langsung dengan tumbukan Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia menghasilkan rangkaian busur pulau depan (*forearch islands*) yang non-vulkanik (seperti Pulau Simeulue, Pulau Banyak, Pulau Nias hingga Pulau Enggano), dan juga rangkaian pegunungan Bukit Barisan dengan jalur vulkanik di tengahnya (Natawidjaja. *et al*, 2003).

Gempa bumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan adanya deformasi batuan

yang terjadi pada litosfer (Reid, 1910). Selain itu gempa bumi juga dapat terjadi akibat dari meletusnya gunung api yang aktif baik gunung api yang berada di daratan maupun di lautan, dimana jika terjadi di lautan bisa mengakibatkan munculnya gelombang tsunami.

Ada tiga cara pergerakan satu lempeng tektonik relatif terhadap lempeng lainnya, yaitu kedua lempeng saling menjauhi (*spreading*), saling mendekati (*collision*) dan saling geser (*transform*) (McKenzie and Parker, 1967). Jika dua lempeng saling menjauhi maka akan menyebabkan penipisan dan perenggangan kerak bumi hingga terjadi aktivitas keluarnya material baru yang membentuk jalur vulkanisme, namun bila saling mendekati akan menyebabkan terjadinya tumbukan yang salah satu lempengnya akan menunjam ke bawah tepi lempeng yang lainnya. Sedangkan jika saling geser terjadi karena pergerakan lempeng sejajar dengan arah yang berlawanan sepanjang perbatasan antar lempeng tersebut.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengetahui hubungan frekuensi – magnitudo yang dituliskan sebagai :

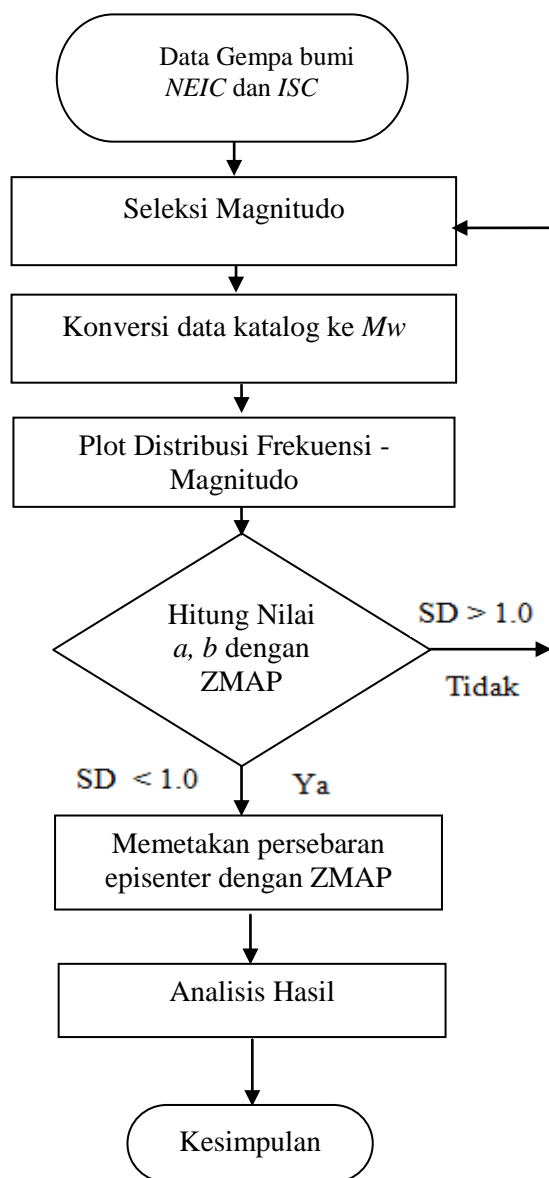
$$\log N = a - bM \quad (1)$$

dimana *N* adalah jumlah gempa, *a* adalah suatu tetapan yang besarnya tergantung pada perioda, luas daerah dan aktifitas daerah pengamatan, *b* adalah parameter seismotektonik suatu daerah dimana terjadi gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat, dan *M* adalah magnitudo.

Seluruh magnitudo gempa bumi dikonversikan menjadi magnitudo momen (*M<sub>w</sub>*). Konversi magnitudo dari *M<sub>s</sub>* dan *mb* ke magnitudo momen (*M<sub>w</sub>*) secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

Tabel 1. Persamaan konversi magnitudo momen (Scordillis, 2006).

No.	Persamaan konversi magnitudo momen
1.	Gempa bumi dengan skala $3,5 \leq mb \leq 6,2$ $M_w = (0,85 \times mb) + 1,03$
2.	Gempa bumi dengan skala $3,0 \leq M_s \leq 6,1$ $M_w = (0,67 \times M_s) + 2,07$
3.	Gempa bumi dengan skala $6,2 \leq M_s \leq 8,2$ $M_w = (0,99 \times M_s) + 0,08$



Gambar 1. Diagram alur penelitian.

Secara terperinci metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data parameter gempa bumi dari ketiga katalog tersebut dikumpulkan sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan (magnitudo, kedalaman

dan *event* kejadian gempa bumi).

2. Seluruh magnitudo gempa bumi dikonversikan menjadi magnitudo momen ( $M_w$ ), hal ini dilakukan karena magnitudo momen tidak mengalami saturasi, konversi magnitudo dari  $M_s$  dan  $mb$  ke magnitudo momen ( $M_w$ ) secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Scordillis, 2006):

- a. Untuk data gempa bumi dengan skala  $3,5 \leq mb \leq 6,2$

$$M_w = (0,85 \times mb) + 1,03 \quad (3.1)$$

- b. Untuk data gempa bumi dengan skala  $3,0 \leq M_s \leq 6,1$

$$M_w = (0,67 \times M_s) + 2,07 \quad (3.2)$$

- c. Untuk data gempa bumi dengan skala  $6,2 \leq M_s \leq 8,2$

$$M_w = (0,99 \times M_s) + 0,08 \quad (3.2)$$

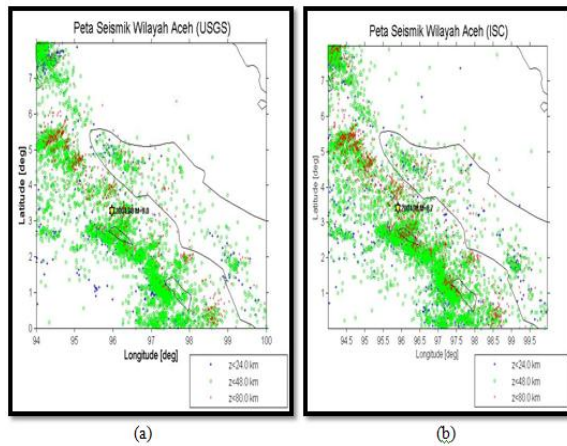
3. Frekuensi gempa bumi dibagi ke dalam kelas sesuai dengan besarnya magnitudo gempa bumi.
4. Dilakukan perhitungan koefisien  $a$  dan  $b$  dari relasi Gutenberg-Richter, dan periode ulang gempa bumi dengan metode kuadrat terkecil.
5. Kemudian distribusi persebaran episenter gempa bumi dan dipetakan dengan menggunakan *software Z-MAP*.

## HASIL PEMBAHASAN

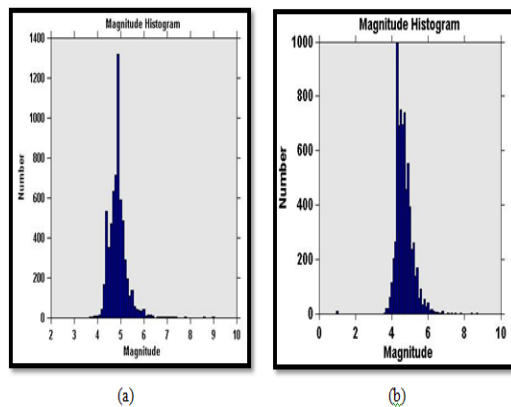
Perhitungan dan pemetaan parameter seismisitas dan periode ulang gempa bumi dilakukan dengan *software Zmap*, sedangkan untuk konversi magnitudo momen dilakukan dengan menggunakan *excel*. Dari hasil keluaran *software Zmap* diperoleh beberapa gambaran tingkat seismisitas dan periode ulang gempa bumi.

### Distribusi Frekuensi - Magnitude

Berdasarkan peta seismisitasnya, baik dari katalog NEIC maupun ISC sebaran gempa bumi banyak terjadi disepanjang jalur subduksi yang berada di sebelah barat Aceh mengikuti garis pantai Sumatera.

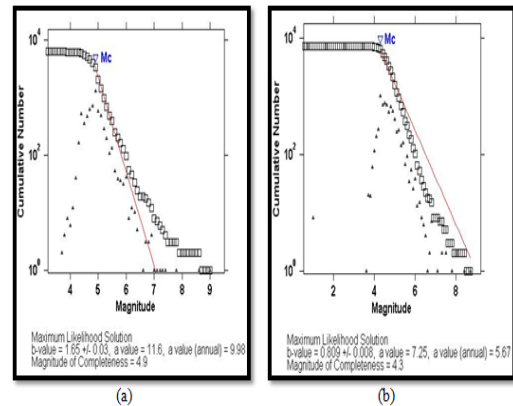


didominasi oleh gempa bumi dengan magnitudo berkisar 4.5 hingga 5.0 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Histogram magnitudo berdasarkan katalog (a) NEIC dan (b) ISC.

Salah satu parameter yang paling penting dalam menentukan  $b$ -value dan  $a$ -value adalah *Magnitude Completeness* ( $M_c$ ) dimana diperlukan deskripsi akurat dari  $M_c$  lokal, karena  $M_c$  pada wilayah penelitian sangat bervariasi.  $M_c$  di wilayah penilian adalah 4.9 (NEIC) dan 4.3 (ISC), dimana masing-masing  $M_c$  tersebut menjelaskan bahwa magnitudo minimum terbaik dalam memulai perhitungan  $b$ -value untuk setiap katalog tersebut.

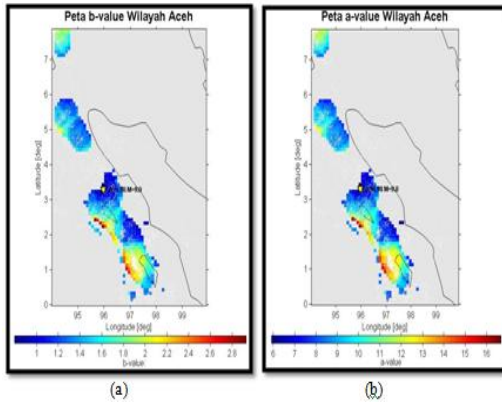


Gambar 4. *Magnitude Completeness* berdasarkan katalog, (a) NEIC dan (b) ISC.

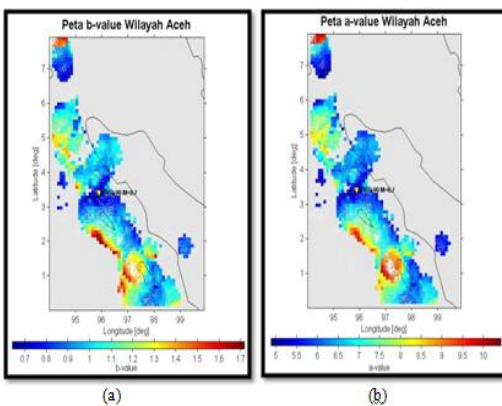
### Analisis $b$ -value Terhadap Ruang

Pemetaan *spatial b-value* di wilayah penelitian dibagi menjadi grid-grid dan parameter seismotektonik dihitung untuk tiap titik grid dalam radius konstan atau jumlah gempa bumi konstan. Dalam analisis ini dipilih kriteria radius konstan 110 km dan grid pengolahan data  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  dengan jumlah gempa bumi  $N=50$ .

Nilai  $b$ -value dan  $a$ -value yang rendah menandakan bahwa pada wilayah tersebut terjadi *stress* yang cukup tinggi dengan aktivitas kegempaan yang relatif rendah. Distribusi  $b$ -value dan  $a$ -value dari kedua katalog (Gambar 5 dan 6) sama-sama menunjukkan bahwa wilayah Pulau Simeulue, Barat Aceh dan Utara Aceh dengan nilai  $b$ -value dan  $a$ -value terendah yang menandakan wilayah tersebut tingkat *stress*nya sangat tinggi yang berdampak pada seringnya terjadi aktifitas gempa bumi.



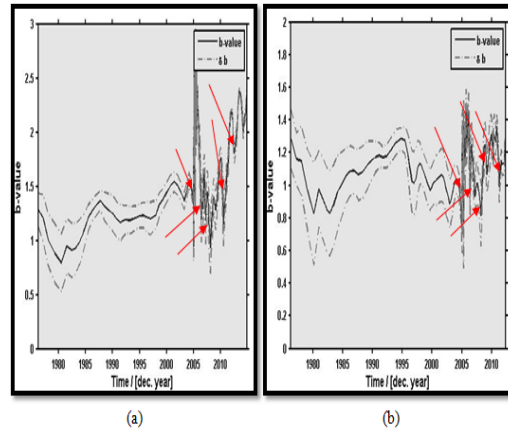
Gambar 5. Peta (a) *b-value* dan (b) *a-value* berdasarkan katalog NEIC.



Gambar 6. Peta (a) *b-value* dan (b) *a-value* berdasarkan katalog NEIC.

### Analisis *b-value* terhadap Waktu

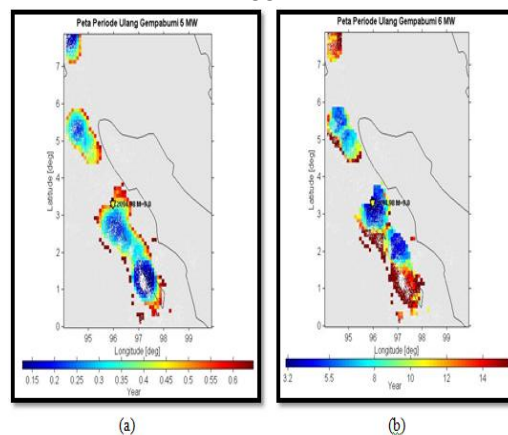
Dari analisis *b-value* terhadap ruang yang dijelaskan diatas, maka untuk analisis *b-value* terhadap waktu pun dapat dilakukan untuk melihat secara acak tanda-tanda sebelum terjadinya gempa bumi (*precursor*).



Gambar 7. variasi *b-value* terhadap waktu berdasarkan katalog (a) NEIC dan (b) ISC.

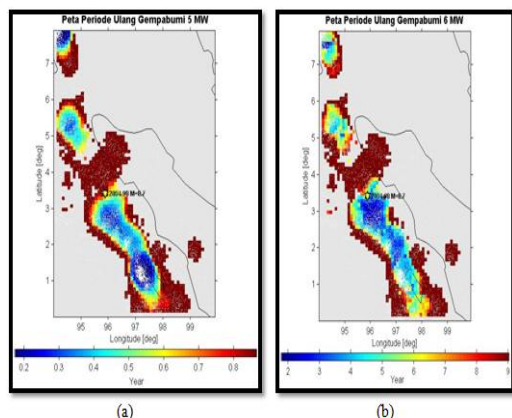
Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan variasi *b-value* terhadap waktu bisa dijadikan *precursor* untuk gempa bumi besar yang akan datang. Dimana setiap penurunan *b-value* yang signifikan di wilayah penelitian diikuti kejadian gempa bumi yang besar, seperti yang terjadi pada gempa bumi dan Tsunami 26 Desember 2004 9.0 *M<sub>w</sub>*, 28 Maret 2005 8.4 *M<sub>w</sub>*, 20 Februari 2008 7.5 *M<sub>w</sub>*, 6 April 2010 7.8 *M<sub>w</sub>* dan 11 April 2012 8.6 *M<sub>w</sub>*.

Untuk periode ulang gempa bumi pada penelitian ini diambil dengan skala 5 *M<sub>w</sub>* dan 6 *M<sub>w</sub>*. Dimana dari kedua katalog tersebut sama-sama menunjukkan periode ulang gempa bumi dengan skala 5 *M<sub>w</sub>* di wilayah pulau Simeulue, Barat Laut Aceh dan Utara Aceh berkisar anatar 1 hingga 3 bulan dan dengan skala 6 *M<sub>w</sub>* berkisar antara 2 hingga 6 tahun.



Gambar 8. Peta periode ulang gempa bumi dari

katalog NEIC (a) skala 5  $M_w$  dan (b) skala 6  $M_w$ .



Gambar 9. Peta periode ulang gempa bumi dari katalog ISC (a) skala 5  $M_w$  dan (b) skala 6  $M_w$ .

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- Aktifitas seismik di wilayah Aceh sangat tinggi terlebih setelah terjadinya gempa bumi yang disertai tsunami pada tahun 2004 yang lalu. Secara spasial, nilai  $b$ -value wilayah Aceh dari katalog USGS antara 0,5 hingga 3,0 dan nilai  $a$ -value antara 5 hingga 10. Berdasarkan katalog ISC nilai  $b$ -value antara 0,6 hingga 1,7 dan nilai  $a$ -value 4,8 hingga 10. Nilai  $b$ -value terkecil adalah berada di daerah sekitar Pulau Simeulue, Barat Laut dan Utara Aceh (Andaman) yang menandakan di wilayah ini tingkat aktifitas seismiknya sangat tinggi.
- Kedua katalog menunjukkan Pulau Simeulue, Barat Laut Aceh dan Utara Aceh (Andaman) merupakan wilayah yang sangat sering terjadi aktifitas seismik. Untuk perhitungan periode ulang gempa bumi wilayah tersebut berkisar antara 1 hingga 4 bulan untuk skala 5  $M_w$  dan 2 hingga 5 tahun dengan skala 6  $M_w$ .

### Saran

Berdasarkan keterbatasan penelitian ini, beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian yang akan datang adalah:

- Secara umum wilayah Barat Sumatera adalah salah satu daerah dengan seismisitas

paling aktif di dunia, lebih khususnya lagi untuk daerah sekitar penelitian seperti Pulau Simeulue, barat laut Aceh dan utara Aceh (Andaman). Karena daerah-daerah tersebut memiliki periode ulang dalam hitungan bulan untuk skala 5  $M_w$  dan 2 hingga 10 tahun skala 6  $M_w$ , sehingga perlu adanya upaya-upaya serius untuk mengurangi dampaknya (mitigasi).

- Pada peta seismik ataupun peta  $b$ -value terlihat adanya wilayah *seismic gap* di utara Pulau Simeulue (data NEIC) dan selatan Andaman yang perlu diteliti lebih lanjut untuk mengetahui apakah wilayah tersebut memang merupakan *seismic gap* atau bukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen, C. P. Amand, C. Richter and Nordquist, J. 1965. Relation between seismicity and geological structure in the southern California region. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 55. P. 752-797.
- Gutenberg, B. And Richter, C.F. 1944. Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 34. P. 185-188.
- Happrobo, S. 2013. Variasi  $b$ -value terhadap ruang dan waktu sebagai *precursor* gempa bumi daerah Andaman – Sumatra. *Skripsi*. Banda Aceh. Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Syiah Kuala.
- Hatzidimitriou, P. Papadimitriou, D. M. and Papazachos, B. 1985. The seismic parameter  $b$  of the frequency-magnitude relation and its association with the geological zones in the area of Greece. *Tectonophysics*. 120. P. 141-151.
- International Seismological Center (ISC). Portal katalog gempa bumi. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/> diakses tanggal 20 September 2014.
- McKenzie, D. and Parker, L. 1967. The north pacific: An example of tectonics on a



sphere. *Journal of Nature* 216. P. 1276-1280.

- Mogi, K. 1967. Regional variation in magnitude-frequency relation of earthquake. *Bull. Earthq. Res. Inst.* 45. P. 313-325.
- Reid, H. F. 1910. The mechanics of the Earthquake. The California earthquake of April 18, 1906. *Report of the State Investigation Commission*. Vol. 2. P. 16-28. Carnegie Institution of Washington. Washington, D. C.
- 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. P. 101 – 108.
- Sammonds, P. R. Meredith, P. G. and Main, I. G. 1992. Role of pore fluid in the generation of seismic precursors to shear fracture. *Journal of Nature*. 359. P. 228-230.
- Scholz, C. H. 1968. The frequency-magnitude relation of micro-fracturing in rock and its relation to earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 58. P. 399-415.
- Scordillis, E. 2006. Empirical global relations converting  $M_s$  and  $m_b$  to moment magnitude. *Journal of Seismology*. 10: P. 225 - 236.
- Tsapanos. 1990. *b-value* of two tectonic parts in the circum-pacific belt. *PA-GEOPH.* 143. P. 229-242.
- United States Geological Survey (USGS). Portal katalog gempa bumi. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> diakses tanggal 20 September 2014.