



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

## Kajian Seismisitas dan Energi Gempabumi Sesar Naik Busur Belakang Flores di Segmen Utara Pulau Lombok Berdasarkan Data Kegempaan 2013-2023

*Seismicity and Earthquake Energy Study of Flores Back Arc Thrust in North Segment of Lombok Island Based on Earthquake Data from 2013-2023*

**Ahdian Azri Bustari**

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

\*Corresponding Author: E-mail: [ahdian10bustari@gmail.com](mailto:ahdian10bustari@gmail.com)

### Artikel Penelitian

#### Article History:

Received: 9 June, 2024

Revised: 23 June, 2024

Accepted: 21 July, 2024

#### Kata Kunci:

Seismisitas;

Energi Gempabumi;

Sesar Naik Flores

#### Keywords:

Seismicity;

Earthquake Energy;

Flores Arch Thrust

DOI: [10.56338/jks.v7i7.5475](https://doi.org/10.56338/jks.v7i7.5475)

#### ABSTRAK

Sesar Naik Busur Belakang Flores Segmen Utara merupakan sesar yang seringkali menjadi sumber gempabumi untuk wilayah Pulau Lombok. Rangkaian gempa besar yang menguncangkan Pulau Lombok pada Juli s.d. Agustus 2018 menjadi salah satu contoh dari tingginya aktivitas seismik dari sesar ini yang mengakibatkan lebih dari 500 korban jiwa. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji seismisitas dan energi gempabumi dari Sesar Naik Flores terkhusus di Segmen Utara Pulau Lombok. Data kegempaan yang digunakan berasal dari USGS dari 2013 s.d. 2023 dan batas area penelitian adalah  $-7,515^{\circ}$  s.d.  $-8.357^{\circ}$  LS dan  $115,845^{\circ}$  s.d.  $116,867^{\circ}$  BT, serta magnitudo lebih dari 4. Hasil kajian seismisitas menunjukkan bahwa sebaran episenter gempa sebagian besar berada di selatan wilayah sesar dan nilai b-Value di angka 0,903. Sementara itu, hasil kajian energi gempabumi menunjukkan energi gempabumi yang dihasilkan berkisar antara  $3,2 \times 10^8$  s.d.  $4,8 \times 10^{14}$  Joule dengan lepasan energi gempabumi terbanyak terjadi pada tahun 2018 sebanyak  $1,1 \times 10^{15}$  Joule.

#### ABSTRACT

The North Segment Flores Back-arc Fault is a fault that is often the source of earthquakes for the Lombok Island region. The series of large earthquakes that shook Lombok Island in July to August 2018 is one example of the high seismic activity of this fault which resulted in more than 500 fatalities. Based on this, this study aims to assess the seismicity and earthquake energy of the Flores Rise Fault, especially in the North Segment of Lombok Island. The seismicity data used comes from the USGS from 2013 to 2023 and the boundaries of the study area are  $-7.515^{\circ}$  to  $-8.357^{\circ}$  N and  $115.845^{\circ}$  to  $116.867^{\circ}$  E, and magnitude more than 4. The results of the seismicity study show that the distribution of earthquake epicentres is mostly in the south of the fault area and the b-Value is 0.903. Meanwhile, the results of the earthquake energy study show that the earthquake energy generated ranges from  $3.2 \times 10^8$  to  $4.8 \times 10^{14}$  Joules with the highest earthquake energy release occurring in 2018 as much as  $1.1 \times 10^{15}$  Joules.

### PENDAHULUAN

Sesar Naik Busur Belakang Flores atau lebih dikenal sebagai Sesar Naik Flores merupakan sesar aktif bawah laut yang menekuk atau naik ke arah selatan dengan sudut rendah hingga sedang dan terletak di sebelah utara dari pulau-pulau di Busur Sunda, meliputi Pulau Bali, Lombok, Sumbawa, Flores, Sumba, Rote, dan Timor (Sianipar et al. 2022; Yang, Singh, and Tripathi 2020). Sesar ini seringkali menjadi sumber gempa pada wilayah utara Pulau Bali, Nusa Tenggara Barat, maupun Nusa Tenggara

Timur. Sesar ini terbentuk akibat adanya desakan balik dari Lempeng Eurasia terhadap Lempeng Indo-Australia dengan laju pergeseran tiap tahunnya sebesar 5,6 s.d. 6,0 mm (Ratuluhain 2021).

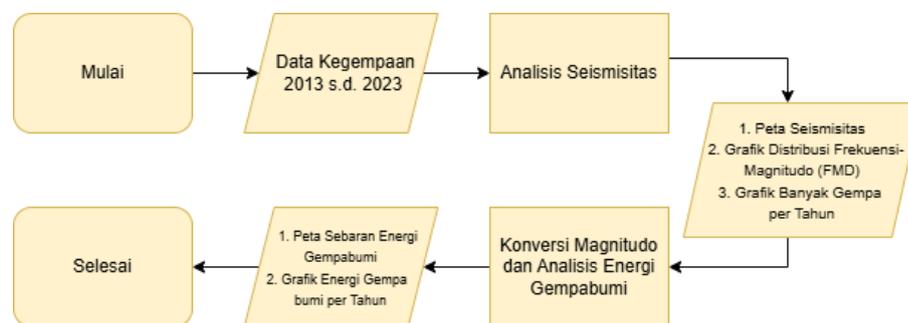
Rangkaian gempa bumi yang melanda Pulau Lombok pada bulan Juli s.d. Agustus tahun 2018 silam menjadi salah satu contoh gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas sesar naik Flores yang berada di segmen utara Pulau Lombok (Ramdani, Setiani, and Setiawati 2019; Sarjan and Muchtaranda 2023). Rangkaian gempa Lombok 2018 diawali dengan gempa tanggal 29 Juli (M 6.4) dan dilanjutkan dengan gempa-gempa besar pada 5 Agustus (M 6.9 (USGS) atau M 7.0 (BMKG)), 9 Agustus (M 5.9), dan 19 Agustus (M 6.3 & 6.9) dengan jumlah korban jiwa mencapai lebih dari 500 korban jiwa (Sarjan and Muchtaranda 2023).

Wilayah Pulau Lombok bagian utara menjadi daerah yang memiliki tingkat kerusakan maupun guncangan yang tinggi akibat gempa-gempa yang bersumber dari Sesar Naik Flores di segmen utara sebab menjadi wilayah yang paling dekat dengan sesar tersebut. Penelitian maupun laporan terdahulu juga menyatakan bagian utara Lombok menjadi daerah dengan tingkat guncangan yang paling besar akibat dari gempa-gempa yang bersumber dari Sesar Naik Flores (Kusumawardani, Didik, and Bahtiar 2020). Kajian seismisitas merupakan upaya yang dapat dilakukan untuk menggambarkan aktivitas dari Sesar Naik Flores terutama pada bagian sesar segmen utara Pulau Lombok melalui banyaknya gempa bumi yang terjadi pada suatu daerah dan lebih lanjut dapat diketahui pola aktivitas seismiknya (Wibowo and Sembri 2017). Selain itu, kajian mengenai energi gempa bumi juga dapat dilakukan memanfaatkan data-data kegempaan yang menunjukkan berbagai gempa yang telah terjadi sebelumnya untuk menggambarkan energi keluaran dari gempa-gempa tersebut sehingga dapat diketahui energi gempa bumi yang dilepaskan pertahunnya yang bersumber dari segmen utara Sesar Naik Flores tersebut.

Berdasarkan pernyataan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mengkaji seismisitas dari Sesar Naik Flores di segmen utara Pulau Lombok dengan memanfaatkan data kegempaan tahun 2013 s.d. 2023. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk mengkaji energi gempa bumi yang dihasilkan per tiap tahunnya dalam kurun waktu 2013 s.d. 2023.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini memanfaatkan data kegempaan yang bersumber dari USGS (*United States Geological Survey*). Adapun kriteria gempa yang digunakan adalah gempa bumi yang berepisenter pada koordinat antara  $-7,515^{\circ}$  s.d.  $-8,357^{\circ}$  LS dan  $115,845^{\circ}$  s.d.  $116,867^{\circ}$  BT serta bermagnitudo minimal  $M=4$  dengan tanggal kejadian gempa bumi berkisar antara tanggal 1 Januari 2013 s.d. 31 Desember 2023. Secara umum, alur penelitian dari penelitian ini disajikan dalam gambar diagram alir berikut :



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan mengumpulkan data sesuai kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Selanjutnya dilakukan analisis seismisitas dengan menggunakan *software* ZMAP v. 6.0 yang berbasis MatLab dan metode *maximum likelihood* untuk menentukan besarnya parameter seismoektonik seperti

a-Value, b-Value, dan Mc sebab metode ini memiliki keunggulan dalam hal statistik karena dapat menghindari adanya kekosongan data pada area tertentu sehingga dapat dihasilkan nilai yang relatif stabil (Ernandi and . 2020). Selain itu, *software* Surfer digunakan untuk membuat peta seismisitas, dan *software* Origin untuk membuat grafik. Pada proses analisis seismisitas output yang dihasilkan berupa peta seismisitas daerah penelitian, grafiik distribusi kumulatif frekuensi dengan magnitudo yang juga meliputi nilai parameter seismotektonik dan, grafik hubungan banyak kejadian gempabumi per tahun 2013 s.d. 2023.

Konversi magnitudo dan analisis energi gempabumi merupakan langkah berikutnya setelah melakukan analisis seismisitas. Pada proses ini, terdapat 2 *software* yang digunakan, yakni Ms. Excel dan Surfer untuk melakukan konversi magnitudo dan pembuatan peta sebaran energi gempabumi. Konversi magnitudo dilakukan dengan rumusan yang mengacu pada persamaan dari Pusat Studi Gempa Nasional untuk konversi mb ke Mw dan Mw ke Ms (PUSGEN Indonesia 2017) sebagai berikut :

$$Mw = 1,0107 m_b + 0,0801 \quad (1)$$

$$Mw = 0,6016Ms + 2,476 \quad (2)$$

untuk rentang magnitudo 2,8 s.d 6.1, dan

$$Mw = 0,92396Ms + 0,5671 \quad (3)$$

untuk rentang magnitudo 6,2 s.d. 8,7.

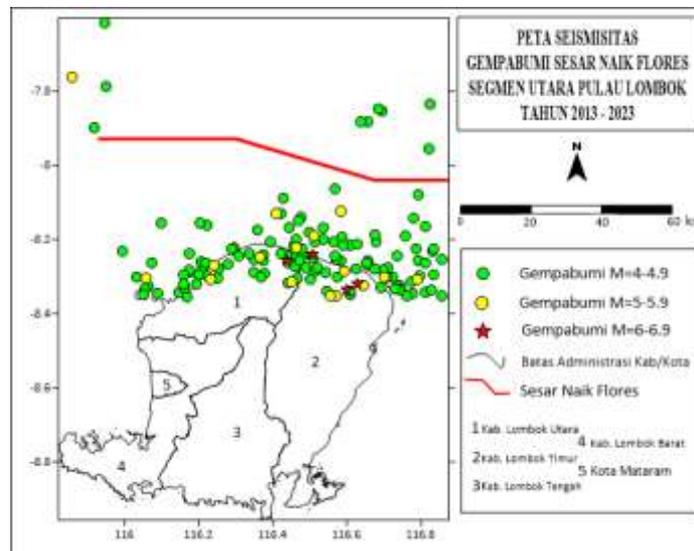
Sementara itu, untuk perhiungan energi gempabumi mengacu pada persamaan Choy dan Boatwright dalam (Wibowo and Sembri 2017), yakni :

$$\log Es = 4,4 + 1.5Ms \quad (4)$$

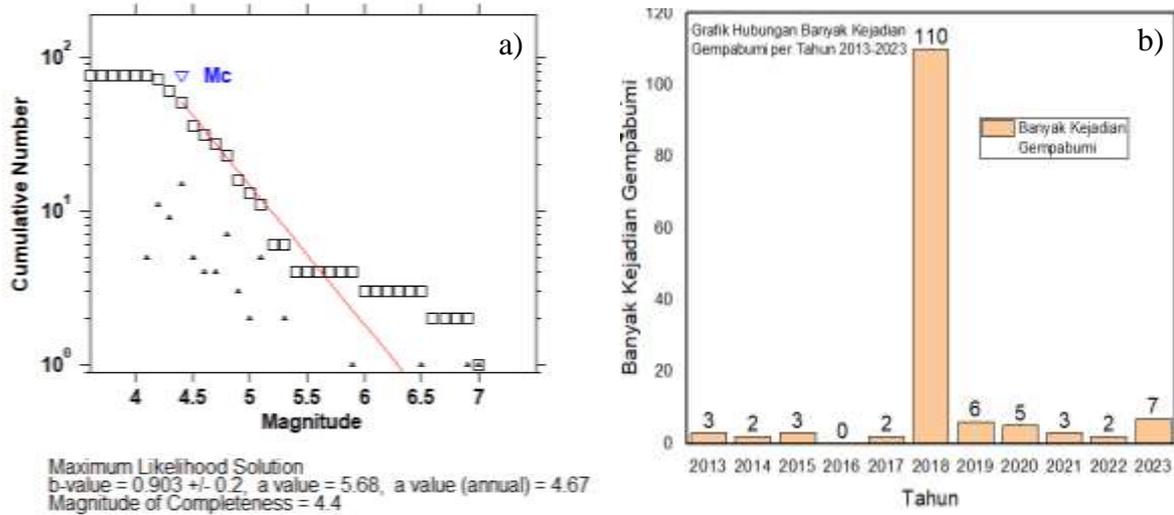
dimana Es adalah energi gempabumi dan Ms adalah magnitudo gelombang permukaan. Energi gempabumi yang telah dihitung kemudian dianalisis sehingga menghasilkan grafik energi gempabumi yang dilepaskan per tahun.

## HASIL

### Hasil Kajian Seismisitas

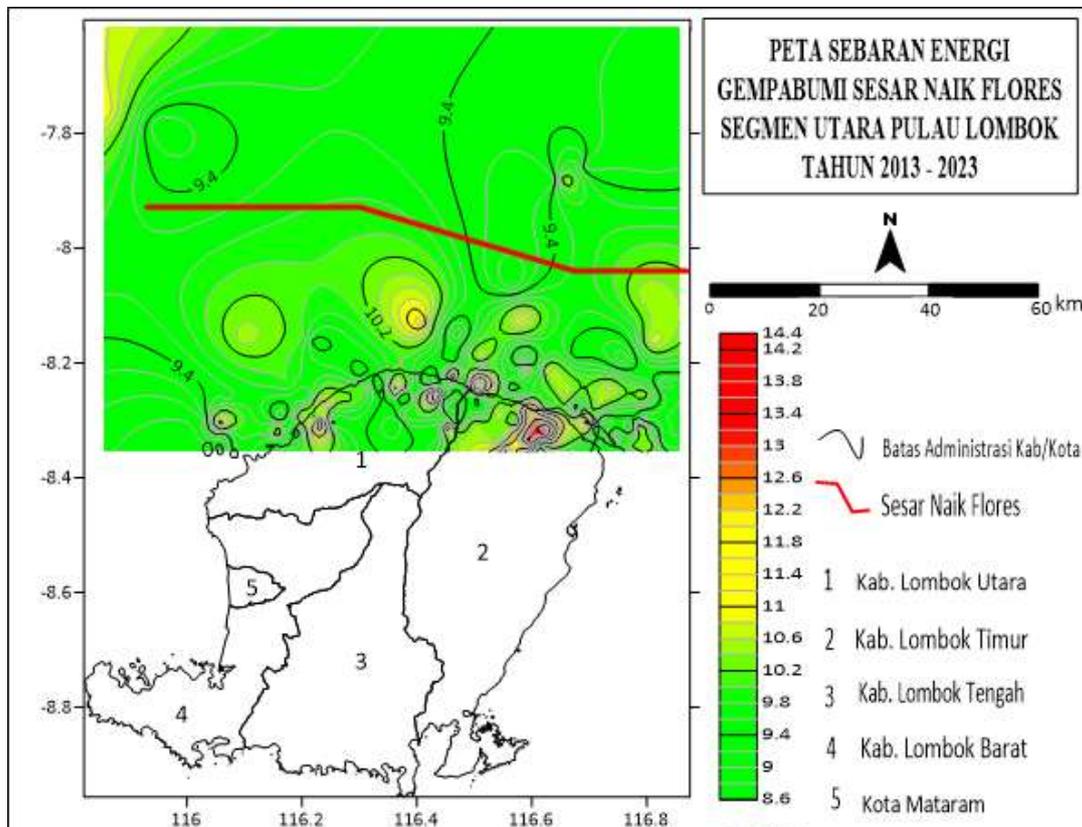


**Gambar 2.** Peta Seismisitas Gempabumi Sesar Naik Flores Segmen Utara Pulau Lombok Tahun 2013-2023

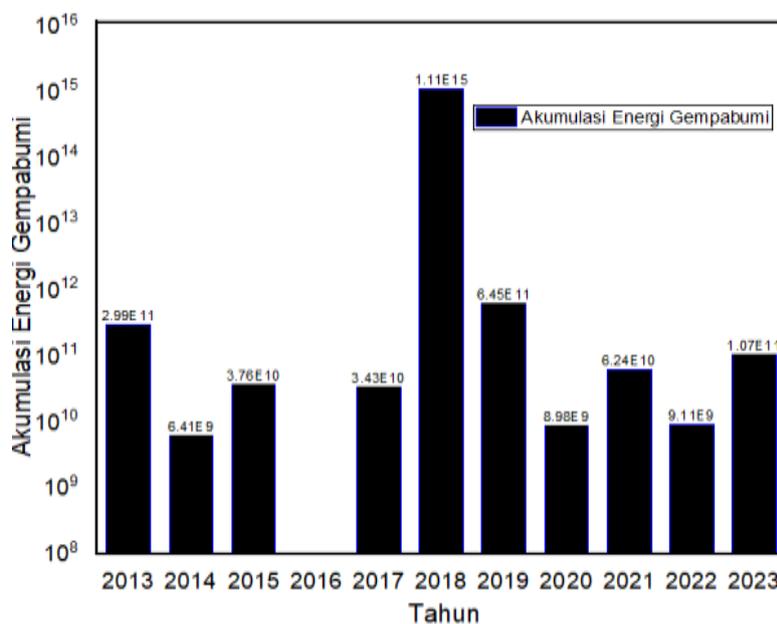


**Gambar 3.** a) Grafik distribusi frekuensi kumulatif dengan magnitudo daerah penelitian  
 b) Grafik hubungan banyak kejadian gempabumi per tahun 2013-2023

**Hasil Kajian Energi Gempabumi**



**Gambar 4.** Peta sebaran energi gempabumi Sesar Naik Flores Segmen Utara Pulau Lombok tahun 2013-2023



**Gambar 5.** Grafik akumulasi energi gempabumi per tahun 2013-2023 (dalam satuan Joule)

## DISKUSI

### Pembahasan Seismisitas

Kajian seismisitas pada Sesar Naik Busur Belakang Flores menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 2013 s.d. 2023 data USGS mencatat telah terjadi gempabumi sebanyak 143 kejadian yang berasosiasi dengan keberadaan sesar tersebut dan sebaran episenternya dapat dilihat pada peta seismisitas yang ditunjukkan pada **Gambar 2**. Gempa dengan magnitudo 4 s.d. 4,9 terjadi sebanyak 123 kejadian yang disimbolkan dengan lingkaran berwarna hijau, gempa bermagnitudo 5 s.d. 5,9 terjadi sebanyak 16 kejadian yang disimbolkan dengan lingkaran berwarna kuning, dan gempa bermagnitudo 6 s.d. 6,9 terjadi sebanyak 4 kejadian yang disimbolkan dengan bintang berwarna merah. Secara umum, hiposenter gempa berada pada kedalaman 3,3 s.d. 304,3 km dan bilamana mengacu pada (Laia et al. 2023) maka dapat diklasifikasikan dari 143 kejadian gempa 133 gempa tergolong gempa dangkal, 9 gempa tergolong gempa menengah, dan 1 gempa dalam. Melalui **Gambar 2**, juga dapat dilihat bahwa gempa di sisi selatan sesar lebih sering terjadi daripada di sisi utara sesar. Selain itu, ditunjukkan juga bahwa gempa dengan magnitudo 6 s.d. 6,9 seluruhnya terjadi di wilayah pesisir ataupun daerah yang masih cukup dekat dengan pantai di utara Pulau Lombok.

Kajian seismisitas lainnya yang berupa penentuan nilai parameter seismotektonik ditunjukkan hasilnya pada **Gambar 3.a**). Gambar tersebut menunjukkan distribusi antara frekuensi dan magnitudo gempa pada daerah penelitian. Grafik distribusi frekuensi-magnitudo dalam penelitian ini menunjukkan adanya hubungan antara banyaknya kejadian gempabumi dengan magnitudo gempa, yakni berbanding terbalik. Hal ini berarti, semakin besar magnitudo gempa, maka semakin kecil frekuensinya akan terjadi. Sebaliknya, gempa dengan magnitudo yang rendah lebih banyak terjadi atau frekuensinya lebih tinggi. **Gambar 3.a**) juga menunjukkan bahwa besarnya nilai a-Value pada daerah penelitian sebesar 5,68, b-Value sebesar 0,903, dan *magnitude of completeness* sebesar 4.4. Nilai b-Value daerah penelitian tergolong rendah sebab nilainya kurang dari 1 (Amalia and Madlazim 2014). Nilai yang rendah ini menandakan adanya *stress* yang tinggi dan besarnya energi yang tersimpan di batuan. Hal ini juga menunjukkan adanya peluang besar terjadinya gempabumi dengan magnitudo tinggi atau dalam

hal ini gempa besar di kemudian hari. Nilai *magnitude of completeness* sebesar 4.4 mengartikan bahwa data atau katalog kegempaan yang digunakan dapat merekam dengan baik aktivitas gempa dengan magnitudo terkecil sebesar 4.4 pada daerah penelitian.

Aktivitas seismik pada Sesar Naik Flores segmen utara Pulau Lombok juga dapat dianalisis melalui banyaknya kejadian gempa per tahunnya. **Gambar 3.b)** menunjukkan bahwa gempabumi di sekitar Sesar Naik Flores paling sering terjadi pada 2018 dengan jumlah kejadian sebanyak 110 kejadian. Sementara itu, apabila melihat tren kegempaan 5 tahun sebelumnya dari 2013 s.d. 2017 justru aktivitas gempa relatif minim terjadi, yakni hanya sebanyak 10 kejadian. Bahkan di tahun 2016 tidak tercatat gempa dengan magnitudo di atas 4. Jika dikaitkan dengan *b-Value*, maka kita dapat melihat bahwa nilai tersebut memang dapat divalidasi dengan tren kegempaan ini. Dimana, dalam periode 2013 s.d. 2017 batuan mengalami *stress* dan mengumpulkan energi yang relatif tinggi dan puncaknya di tahun 2018 *stress* maupun energi tersebut terlepas sehingga menimbulkan banyak aktivitas gempabumi pada tahun tersebut. Selanjutnya, tren kegempaan di tahun 2019 s.d. 2022 mengalami penurunan yang cukup drastis dari tahun 2018 dan cukup meningkat kembali di tahun 2023 walaupun masih dalam ranah stabil.

### Pembahasan Energi Gempabumi

Energi gempabumi merupakan energi yang menggambarkan kekuatan gempabumi yang terjadi akibat adanya sesar ataupun patahan (Wibowo and Sembri 2017). Energi gempabumi dapat dihitung dengan persamaan (4) yang berasal dari Choy dan Boatwright dalam Wibowo dan Sembri (2017). Berdasarkan rumusan tersebut diperoleh hasil besarnya energi gempabumi di daerah penelitian berkisar antara  $3,2 \times 10^8$  s.d.  $4,8 \times 10^{14}$ . Gempa yang memiliki magnitudo 4 s.d. 4.9 menghasilkan energi gempabumi antara  $3,2 \times 10^8$  s.d.  $5,9 \times 10^{10}$ . Sementara itu, gempa dengan magnitudo 5 s.d. 5.9 menghasilkan energi gempabumi antara  $1,1 \times 10^{11}$  s.d.  $1,1 \times 10^{13}$  dan untuk yang bermagnitudo 6 s.d. 6.9 berkisar antara  $5,1 \times 10^{13}$  s.d.  $4,8 \times 10^{14}$ . Sebaran energi gempabumi pada daerah penelitian ditunjukkan oleh **Gambar 4**. Melalui gambar tersebut, dapat dilihat bahwa energi gempabumi yang dilepaskan oleh gempa-gempa yang bersumber dari Sesar Naik Flores umumnya memiliki nilai log 8,6 s.d 10,6. Hal ini bersesuaian dengan banyaknya gempa bermagnitudo 4 dalam kurun waktu 2013 s.d. 2023. Selain itu, untuk gempa dengan energi yang tinggi yakni, log 12,6 s.d. 14.4 merupakan hasil dari gempa bermagnitudo 6 s.d. 6.9 dan seluruhnya berada di daerah daratan tepatnya pesisir utara ataupun dekat dengan pantai sehingga dampak kerusakan relatif besar.

**Gambar 5**. Merupakan grafik yang menggambarkan hubungan antara akumulasi energi gempabumi yang dilepaskan setiap tahunnya dalam kurun waktu 2013 s.d. 2023. Terlihat jelas bahwa pada akumulasi tertinggi ada pada tahun 2018. Hal tersebut dikarenakan adanya rangkaian gempabumi bermagnitudo besar yang disertai banyak gempa susulan di Pulau Lombok pada bulan Juli s.d. Agustus 2018 silam. Akumulasi energi gempabumi pada tahun tersebut sebanyak  $1,1 \times 10^{15}$  Joule. Sementara itu, akumulasi energi per tahun 2013 s.d. 2017 relatif tidak stabil. Hal itu didukung dengan tidak adanya energi lepasan untuk periode tahun 2016 terkhusus dari gempa bermagnitudo di atas 4.

### KESIMPULAN

Kajian seismisitas terhadap gempabumi yang bersumber dari Sesar Naik Flores segmen utara Pulau Lombok menunjukkan bahwa penyebaran gempabumi dalam kurun waktu 2013 s.d 2023 lebih banyak di sisi selatan daripada sisi utara sesar. Selain itu diperoleh pula aktivitas gempabumi terbanyak terjadi pada tahun 2018 dengan besarnya nilai *b-Value* sebesar 0,903 yang tergolong rendah. Rendahnya nilai *b-Value* ini dapat mengindikasikan adanya *stress* dan akumulasi energi yang tinggi pada batuan sehingga dapat menimbulkan adanya gempa besar di kemudian hari. Sementara itu, kajian energi gempabumi menunjukkan bahwa besarnya energi gempabumi yang dihasilkan oleh berbagai gempa pada daerah segmen utara Pulau Lombok yang berhubungan dengan keberadaan Sesar Naik Flores

berkisar antara  $3,2 \times 10^8$  s.d.  $4,8 \times 10^{14}$  Joule dengan lepasan energi gempabumi terbanyak terjadi pada tahun 2018 sebanyak  $1.1 \times 10^{15}$  Joule.

#### SARAN

Penelitian lebih lanjut mengenai Sesar Naik Busur Belakang Flores dapat dilakukan untuk mendapatkan informasi lebih banyak lagi terkait sesar tersebut. Penulis merekomendasikan penelitian lebih lanjut mengenai *peak ground acceleration* yang memanfaatkan data kegempaan khusus dari Sesar Naik Busur Belakang Flores, maupun intensitas gempabumi (IMM). Selain itu, karakteristik lebih lanjut mengenai Sesar Naik Flores yang diteliti menggunakan metode geofisika lainnya seperti *aeromagnetic* dan *aerogravity* di segmen utara Pulau Lombok juga dapat dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Ikhlusal, and Madlazim. 2014. "Kaitan B Value Dengan Magnitudo Dan Frekuensi Gempa Bumi Menggunakan Metode Gutenberg-Richter Di Sumatera Utara Tahun 2002-2012." *Inovasi Fisika Indonesia* 3(2): 46–52. doi:<https://doi.org/10.26740/ifi.v3n2.p%25p>.
- Ernandi, Fahira Nadiva, and . Madlazim. 2020. "ANALISIS VARIASI A-VALUE DAN b-VALUE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ZMAP V.6 SEBAGAI INDIKATOR POTENSI GEMPA BUMI DI WILAYAH NUSA TENGGARA BARAT." *Inovasi Fisika Indonesia* 9(3): 24–30. doi:10.26740/ifi.v9n3.p24-30.
- Kusumawardani, Baiq Nora, Lalu A. Didik, and Bahtiar Bahtiar. 2020. "Analisis PGA (Peak Ground Acceleration) Pulau Lombok Menggunakan Metode Pendekatan Empiris." *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* 16(3): 122. doi:10.12962/j24604682.v16i3.6372.
- Laia, Firdaus, Tobias Duha, Mitranikasih Laia, Amirudin Khorul Huda, and Agung Jasuma. 2023. "Klasifikasi Data Gempa Bumi Di Pulau Sumatera Menggunakan Algoritma Naïve Bayes." *Jurnal Informatika* 2(1): 23–27. doi:10.57094/ji.v2i1.840.
- PUSGEN Indonesia, ed. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Cetakan pertama. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Ramdani, Fatwa, Putri Setiani, and Diah Ajeng Setiawati. 2019. "Analysis of Sequence Earthquake of Lombok Island, Indonesia." *Progress in Disaster Science* 4: 100046. doi:10.1016/j.pdisas.2019.100046.
- Ratuluhain, Eva Susan. 2021. "Analisis Potensi Tsunami Di Lombok Utara." *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 13(1): 113–26. doi:10.29244/jitkt.v13i1.29336.
- Sarjan, Achmad Fajar Narotama, and Ismail Hoesain Muchtaranda. 2023. "Review of the 2018 Lombok Earthquake, Indonesia, and Its Impact from Previous Studies." In *Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Civil and Architecture)*, eds. Buan Anshari, Mohammed Ali Elsageer, Hilton Ahmad, and Wen-Shao Chang. Dordrecht: Atlantis Press International BV, 76–84. doi:10.2991/978-94-6463-088-6\_9.
- Sianipar, Dimas, Bor-Shouh Huang, Kuo-Fong Ma, Ming-Che Hsieh, Po-Fei Chen, and D. Daryono. 2022. "Similarities in the Rupture Process and Cascading Asperities between Neighboring Fault Patches and Seismic Implications: The 2002–2009 Sumbawa (Indonesia) Earthquakes with Moment Magnitudes of 6.2–6.6." *Journal of Asian Earth Sciences* 229: 105167. doi:10.1016/j.jseaes.2022.105167.
- Wibowo, Nugroho Budi, and Juwita Nur Sembri. 2017. "Analysis of Seismicity and Earthquake Energy at Opak Oyo Fault - Yogyakarta." *INDONESIAN JOURNAL OF APPLIED PHYSICS* 7(2): 82. doi:10.13057/ijap.v7i2.13702.

Yang, Xiaodong, Satish C Singh, and Anand Tripathi. 2020. "Did the Flores Backarc Thrust Rupture Offshore during the 2018 Lombok Earthquake Sequence in Indonesia?" *Geophysical Journal International* 221(2): 758–68. doi:10.1093/gji/ggaa018.