JIPFRI
https://journal.unuha.ac.id/index.php/JIPFRI

JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)
Vol. 10 No. 2, November 2026, hlm. 233–240
p-ISSN 2549-905X | e-ISSN 2549-9076
https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5626

Analisis Karakteristik Seismisitas berdasarkan *b-value* di Wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa Menggunakan Katalog USGS 1990–2026

Hangga Novian Adi Putra[1*], Freygieon Ogiek Rizal Sukma[1], Putu Gede Agus Krisna Yogantara[1] dan Widya Esti Purwaningtyas[2]

[1]Program Studi Fisika, Universitas Udayana, Bali, Indonesia
[2]Program Studi Biologi, Universitas Udayana, Bali, Indonesia
[*]**Penulis korespondensi:** hangga@unud.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima: 04/09/2026
Direvisi: 15/11/2026
Disetujui: 16/11/2026
Terbit: 29/11/2026

Kata kunci:
a-value
b-value
Bali
Gempabumi
Gutenberg–Richter
Lombok
Sumbawa

Keywords:
a-value
b-value
Bali
Earthquake
Gutenberg–Richter
Lombok
Sumbawa

ABSTRAK

Bali, Lombok, dan Sumbawa merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang relatif tinggi karena pengaruh subduksi Lempeng Indo-Australia dan sesar naik busur belakang Flores (*Flores Back-Arc Thrust*). Penelitian ini menganalisis karakteristik seismisitas berdasarkan *b-value* dan variasi temporalnya menggunakan katalog gempa USGS sebanyak 1718 kejadian pada tahun 1990–2026. Magnitudo dikonversi ke Mw dan katalog di-decluster dengan algoritma Reasenberg (tersisa 1526 kejadian). *Magnitude of completeness* (Mc) ditentukan dengan metode *Maximum Curvature* dan *b-value* diestimasi dengan *maximum likelihood* menggunakan ZMAP 7.1; variasi temporal dihitung pada jendela 500 kejadian dengan Mc pada tiap jendela. Diperoleh Mc = 4,5 (N = 796 kejadian dengan Mw ≥ Mc), *b-value* 1,11 ± 0,03, dan *a-value* 7,942 (*annual a-value* 6,387), sedikit di atas nilai acuan global (≈1). *b-value* temporal sebagian besar berada pada 0,84–1,43. Hasil ini memberi gambaran awal seismisitas regional untuk kajian mitigasi bahaya gempabumi, dengan keterbatasan berupa asumsi Mc tetap untuk *b-value* total, penggunaan satu katalog, dan penggabungan tiga wilayah dalam satu *b-value* regional.

ABSTRACT

Bali, Lombok, and Sumbawa are regions of relatively high seismic activity due to the subduction of the Indo-Australian Plate and the Flores Back-Arc Thrust. This study analyzes seismicity characteristics based on the b-value and its temporal variation using a USGS earthquake catalog of 1718 events during 1990–2026. Magnitudes were converted to Mw, and the catalog was declustered with the Reasenberg algorithm (1526 events remaining). The magnitude of completeness (Mc) was determined using the Maximum Curvature method, and the b-value was estimated by maximum likelihood using ZMAP 7.1; temporal variation was computed in 500-event windows with Mc determined in each window. The results give Mc = 4.5 (N = 796 events with Mw ≥ Mc), a b-value of 1.11 ± 0.03, and an a-value of 7.942 (annual a-value 6.387), slightly above the global reference value (≈1). The temporal b-value mostly ranges from 0.84 to 1.43. These results provide a preliminary picture of regional seismicity for earthquake hazard mitigation studies, with limitations including the assumption of a constant Mc for the overall b-value, the use of a single catalog, and the combination of three regions into one regional b-value.

Cara mengutip: Putra, H. N. A., Sukma, F. O. R., Yogantara, P. G. A. K., & Purwaningtyas, W. E. (2026). Analisis karakteristik seismisitas berdasarkan b-value di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa menggunakan katalog USGS 1990–2026. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah), 10*(2), 233–240. https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5626
Copyright © 2026 Penulis. Artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan aktivitas seismik tertinggi di dunia karena terletak pada pertemuan beberapa lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik (Pusat Studi Gempa Nasional [PuSGeN], 2025; Putra, 2026). Interaksi antar lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya zona subduksi aktif yang menghasilkan aktivitas gempabumi yang signifikan. Salah satu wilayah yang berada pada sistem tektonik tersebut adalah kawasan Bali, Lombok, dan Sumbawa yang termasuk dalam bagian busur Sunda (Pusat Studi Gempa Nasional [PuSGeN], 2025; Suarbawa et al., 2021). Aktivitas seismik di wilayah ini dipengaruhi oleh proses subduksi Lempeng Indo-Australia di bawah Lempeng Eurasia serta keberadaan struktur sesar lokal yang berpotensi memicu gempabumi (Bustari, 2024).

Analisis karakteristik seismisitas suatu wilayah merupakan langkah penting dalam memahami dinamika tektonik dan potensi bahaya gempabumi. Salah satu parameter yang sering digunakan dalam kajian seismologi adalah *b-value* pada hubungan frekuensi-magnitudo yang dikenal sebagai Hukum Gutenberg–Richter (Aslamia & Supardi, 2022). Hubungan tersebut menyatakan bahwa jumlah gempabumi berbanding terbalik dengan magnitudonya, sehingga gempa dengan magnitudo kecil terjadi lebih sering dibandingkan gempa dengan magnitudo besar.

Parameter *b-value* pada Hukum Gutenberg–Richter (Gutenberg & Richter, 1944)umumnya dikaitkan dengan kondisi tegangan, nilai *b-value* yang tinggi menunjukkan kondisi batuan dengan tingkat tegangan yang relatif rendah, sedangkan *b-value* yang rendah mengindikasikan adanya tegangan yang lebih tinggi pada sistem batuan tersebut (Fitria & Prastowo, 2022). Tetapi tafsir tersebut merupakan penyederhanaan karena *b-value* juga dipengaruhi oleh heterogenitas material, tekanan pori, kedalaman, mekanisme sesar, dan kualitas katalog (Geffers et al., 2022). Selain itu *b-value* menunjukkan perbandingan relatif antara gempa kecil dan gempa besar, dan merupakan parameter penting dalam estimasi probabilistik terhadap bahaya seismik. Secara umum, nilai *b-value* sekitar 1 dianggap sebagai nilai rata-rata global (Geffers et al., 2022).

Selain *b-value* secara keseluruhan, analisis variasi temporal *b-value* juga dapat memberikan gambaran perubahan karakteristik seismisitas dari waktu ke waktu. Perubahan variasi *b-value* paling mungkin berkaitan dengan perubahan dalam kondisi tegangan efektif (El-Isa & Eaton, 2014). Perubahan *b-value* sering dikaitkan dengan variasi tegangan kerak bumi, aktivitas tektonik lokal, maupun proses akumulasi energi sebelum terjadinya gempabumi yang lebih besar. Pada beberapa kasus penurunan *b-value* dilaporkan mendahului gempa besar (Madlazim & Dwi Lestari, 2022), tetapi variasi *b-value* bisa berasal dari ketidaklengkapan katalog, dan faktor lain yang tidak berkaitan dengan proses fisis (Lombardi, 2022; Marzocchi et al., 2020).

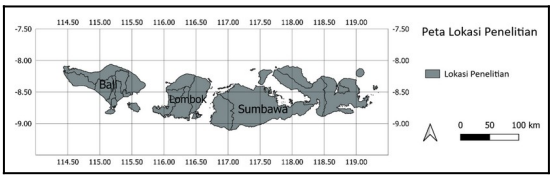
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji karakteristik seismisitas menggunakan analisis *b-value* berdasarkan hubungan frekuensi–magnitudo dari Hukum *Gutenberg–Richter*. Penelitian menunjukkan bahwa variasi *b-value* dan *a-value* yang dihitung menggunakan perangkat lunak ZMAP dapat digunakan sebagai indikator potensi gempabumi di wilayah Jawa Timur, di mana *b-value* yang rendah berkorelasi dengan tingkat akumulasi energi yang lebih besar (Saefurohmah et al., 2025). Pada penelitian di wilayah Sumatera Utara, didapatkan nilai *b-value* berkisar antara 0,9–1,5 (Siregar et al., 2023). Sedangkan penelitian terdahulu di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa menunjukkan hasil yang beragam, dimana diperoleh *b-value* 0,4–1,9 untuk Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Barat (Munir et al., 2024). Sedangkan penelitian lainnya mengkaji seismisitas sesar naik busur belakang Flores di segmen utara Lombok dan melaporkan *b-value* sebesar 0,903 (Bustari, 2024). Sementara pada penelitian lainnya didapatkan nilai a = 5,46, b = 1,04, dan Mc = 3,7 untuk area sesar Flores, serta peningkatan bertahap *b-value* sebelum gempa Lombok 2018 yang kemudian menurun signifikan (Hamidah et al., 2025).

Meskipun *b-value* di Lombok, Bali, dan Nusa Tenggara Barat telah dikaji, penelitian-penelitian terdahulu berbeda dalam sumber katalog, Mc, dan periode data. Penelitian ini memakai katalog USGS yang lebih panjang (1990–2026), melaporkan Mc secara eksplisit dan menguji variasinya pada tiap jendela, menggunakan katalog yang telah di-decluster dengan konversi ke Mw yang dilaporkan, serta menganalisis variasi temporal *b-value* dengan jendela yang terdefinisi untuk ketiga wilayah sekaligus. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik seismisitas wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa berdasarkan *b-value* dan *a-value*, serta menelaah variasi temporal *b-value* pada periode 1990–2026. Hasilnya diharapkan menjadi masukan awal bagi kajian bahaya gempabumi di wilayah penelitian.

METODE

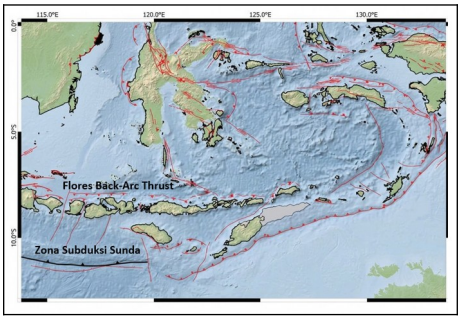
Dalam penelitian ini digunakan katalog gempabumi yang diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS) untuk menganalisis karakteristik seismisitas di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa. Data kejadian gempa diambil dari *Comprehensive Earthquake Catalog*, tanggal unduh 09 Agustus 2026, batas koordinat wilayah 7,5° LS – 9,5° LS dan 114° BT – 119,5° BT, ambang magnitudo minimum 2,5 untuk semua jenis magnitudo (USGS, 2026). Data gempa pada penelitian ini sebanyak 1718 kejadian gempa yang terjadi pada rentang Januari

1990 sampai Januari 2026. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Kejadian gempa di wilayah penelitian umumnya didominasi oleh dua sumber gempa utama, yaitu zona subduksi Sunda di bagian selatan dan Sesar *Flores Back-arc thrust* di bagian utara. Lokasi zona subduksi dan sesar tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Zona Subduksi Sunda dan Flores Back-arc Thrust (Pusat Studi Gempa Nasional [PuSGeN], 2025)

Penentuan nilai *b-value* didasarkan pada hubungan frekuensi–magnitudo gempabumi yang mengacu pada hukum Gutenberg–Richter. Hubungan antara magnitudo dan frekuensi kumulatif kejadian gempabumi digunakan untuk menentukan *magnitude of completeness* (Mc), yaitu magnitudo terendah di mana seluruh kejadian gempabumi terdeteksi secara lengkap dalam katalog gempa (Bunaga et al., 2025; Hanafi et al., 2024). Dalam penelitian ini, nilai Mc ditentukan menggunakan metode *Maximum Curvature* (MAXC), yaitu dengan menetapkan magnitudo pada titik yang memiliki frekuensi kejadian maksimum dalam distribusi magnitudo.

Nilai Mc yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai batas magnitudo minimum dalam perhitungan *b-value*. Perhitungan *b-value* dilakukan menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE), yang didasarkan pada estimasi probabilitas maksimum dari distribusi magnitudo gempabumi. Nilai *b-value* digunakan untuk menggambarkan karakteristik dan tingkat variabilitas seismisitas suatu wilayah. Perhitungan *b-value* menggunakan metode *maximum likelihood* dilakukan dengan persamaan berikut (Baihaqi & Pujiastuti, 2023; Bender, 1983):

$$b = \frac{\log e}{\overline{M} - \left(M_c - \frac{\Delta M}{2} \right)} \quad (1)$$

Dimana $\overline{M}$ merupakan magnitudo rata-rata dari seluruh kejadian gempa dengan magnitudo M ≥ Mc, sedangkan Mc merupakan magnitudo kelengkapan (*magnitude of completeness*) dari katalog gempa, serta ΔM merupakan lebar bin.

Seluruh data magnitudo gempa, meliputi m_b (*body-wave magnitude*), M_d(*duration magnitude*), M_s(*surface-wave magnitude*), M_l(*Local magnitude*) selanjutnya dikonversi ke M_w(*moment magnitude*). Konversi ini dilakukan karena dianggap lebih mampu merepresentasikan ukuran kekuatan gempa secara konsisten, khususnya dalam analisis magnitudo gempa utama (Pasau et al., 2017). Persamaan yang digunakan untuk mengonversi berbagai skala magnitude yaitu sebagai berikut (Pusat Studi Gempa Nasional [PuSGeN], 2025):

$$M_w = 0{,}933\ M_b + 0{,}52 \quad (m_b \leq 6{,}2) \quad (2)$$

$$M_w = 1{,}273\ M_b - 1{,}2 \quad (m_b > 6{,}2) \quad (3)$$

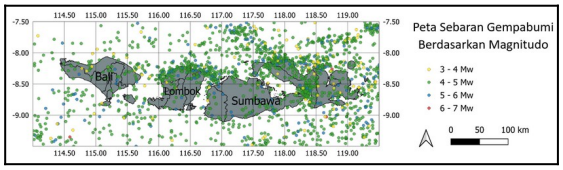
$$M_w = 0{,}1\ M_s^2 - 0{,}431\ M_s + 5{,}086 \quad (4)$$

$$M_w = 0{,}756\ M_l + 1{,}060 \quad (5)$$

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ZMAP 7.1 untuk menentukan magnitude of completeness (Mc), serta menghitung *b-value* menggunakan metode *maximum likelihood*. Selain itu, variasi temporal *b-value* juga dianalisis untuk mengetahui perubahan karakteristik seismisitas selama periode pengamatan. Gempa susulan ditangani dengan *declustering algoritma Reasenberg (1985) pada ZMAP* 7.1 dengan parameter τmin = 1 hari, τmax = 10 hari, tingkat kepercayaan 0,95, xk = 0,5, xmeff = 3, faktor radius interaksi = 10, galat episenter 1,5 km, dan galat kedalaman 2 km. Prosedur ini menemukan 18 klaster berisi 210 kejadian; sehingga katalog tersisa 1526 kejadian. Peta sebaran seismisitas menggunakan katalog lengkap (1718 kejadian), sedangkan distribusi frekuensi–magnitudo dan *b-value memakai* katalog ter-decluster. Lebar bin magnitudo adalah 0,1, dan jumlah minimum kejadian per jendela temporal adalah 50.

HASIL DAN PEMBAHASAN

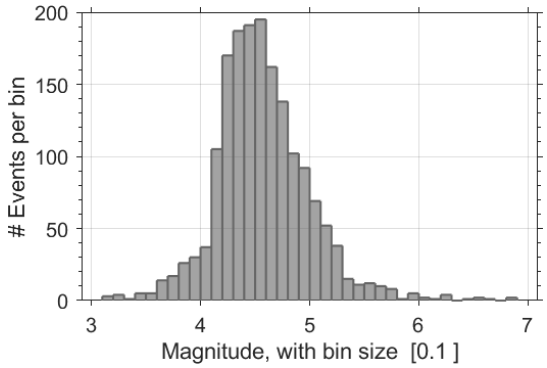
Sebaran seismisitas di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa dipetakan berdasarkan kekuatan magnitudo untuk mengetahui gambaran sebaran tingkat kekuatan gempabumi yang terjadi di daerah penelitian. Sebaran gempabumi ini digunakan untuk mengidentifikasi pola dan zona yang memiliki aktivitas gempabumi yang relatif tinggi. Peta sebaran seismisitas berdasarkan magnitudo ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta sebaran seismisitas gempabumi periode 1990–2026 berdasarkan magnitudo

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat peta sebaran episenter gempabumi berdasarkan magnitudo dengan rentang 3–7 Mw di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa. Aktivitas gempabumi di wilayah penelitian didominasi oleh gempa kecil hingga sedang, dengan magnitudo 4–5 Mw (hijau) dan magnitudo 3–4 Mw (kuning) yang tersebar merata di seluruh wilayah penelitian baik daratan maupun lautan. Sementara itu, gempa dengan kekuatan yang lebih tinggi magnitudo 5–6 Mw (biru) terlihat mulai tersebar secara mengelompok di sisi utara pulau Lombok dan Sumbawa serta selatan wilayah penelitian. Sedangkan gempa berkekuatan merusak dengan magnitudo 6–7 Mw (merah) tampak terkonsentrasi secara khusus di area lepas pantai utara Lombok dan timur laut Sumbawa. Pola ini konsisten dengan keberadaan zona sesar naik *Flores Back-Arc Thrust*, yaitu zona patahan aktif yang memanjang dari utara Flores, melewati Lombok, hingga utara Bali (Felix et al., 2022).

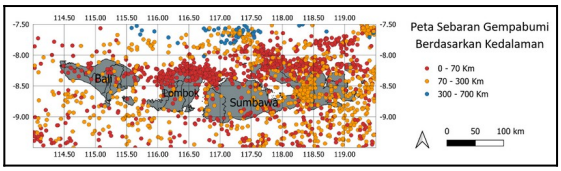
Sebaran jumlah gempabumi berdasarkan magnitudo di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa dapat dilihat pada Gambar 4. Sebaran ini ditampilkan dalam bentuk histogram untuk mengetahui magnitudo gempa yang mendominasi di daerah penelitian.



Gambar 4. Histogram jumlah gempabumi berdasarkan magnitudo

Berdasarkan Gambar 4 (lebar bin 0,1) dapat dilihat jumlah kejadian gempabumi berdasarkan interval magnitudo tertinggi pada 4,5 ≤ Mw ≤ 4,6 sebanyak 195 kejadian, lalu interval 4,4 ≤ Mw ≤ 4,5 sebanyak 191 kejadian, dan interval 4,3 ≤ Mw ≤ 4,4 sebanyak 187 kejadian. Di atas puncak tersebut jumlah kejadian menurun sejalan dengan pertambahan magnitudo, sesuai hubungan Gutenberg–Richter, sedangkan penurunan jumlah kejadian di bawah sekitar 4,5 mencerminkan ketidaklengkapan katalog dan bukan sifat sumber gempa.

Sebaran seismisitas di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa juga dipetakan berdasarkan kedalaman gempa. Sebaran gempabumi ini digunakan untuk mengidentifikasi pola dan zona yang memiliki aktivitas gempabumi dangkal maupun dalam. Peta sebaran seismisitas berdasarkan kedalaman ditampilkan pada Gambar 5.



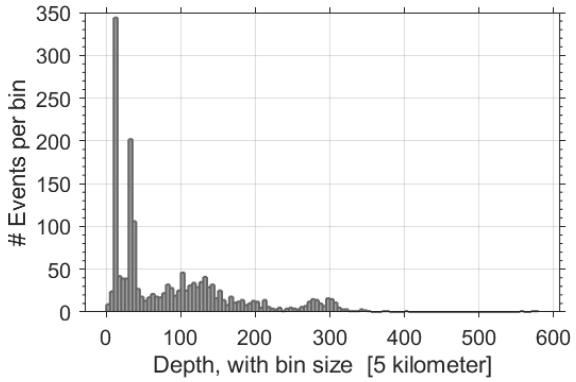
Gambar 5. Peta sebaran seismisitas gempabumi periode 1990–2026 berdasarkan kedalaman

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat sebaran kejadian gempabumi di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa berdasarkan tingkat kedalamannya. Sebaran titik gempabumi dikontrol oleh zona subduksi Sunda yang berada di selatan serta zona sesar naik *Flores Back-Arc Thrust* yang berada di utara.

Gempa dangkal dengan kedalaman 0–70 km (merah) tersebar di daerah selatan dan menumpuk padat di daerah pantai utara Lombok dan Sumbawa, yang tampak berkaitan dengan struktur busur belakang; keterkaitan ini masih dugaan karena tidak

didukung penampang vertikal atau mekanisme fokus. Gempa menengah dengan kedalaman 70–300 km (kuning) tersebar merata di wilayah penelitian. Gempa dalam dengan kedalaman 300–700 km (biru) terkonsentrasi di wilayah utara, khususnya Laut Flores. Distribusi ini diduga berkaitan dengan zona Wadati–Benioff, yang merepresentasikan aktivitas seismik pada lempeng tektonik yang menunjam ke bawah lempeng lainnya. Karena *b-value* dihitung dari seluruh kedalaman, nilainya merupakan nilai regional campuran dan tidak ditafsirkan sebagai *b-value* kerak dangkal.

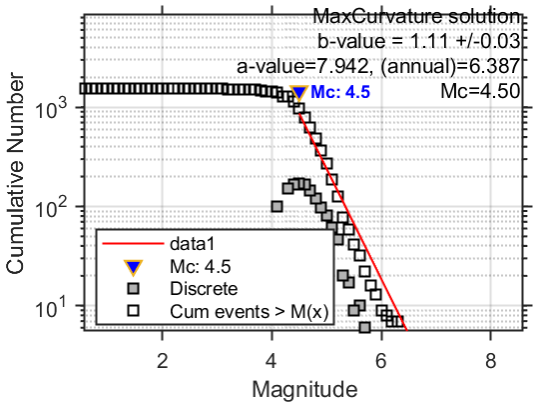
Sebaran jumlah kejadian gempabumi di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa berdasarkan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 6. Jumlah kejadian gempabumi ini ditampilkan dalam histogram untuk melihat kedalaman gempa yang mendominasi di wilayah penelitian.



Gambar 6. Histogram jumlah gempabumi berdasarkan kedalaman

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat kejadian gempabumi tertinggi terdapat pada kedalaman 10–15 km dengan 344 kejadian, lalu dilanjutkan gempabumi kedalaman 30–35 km sebanyak 202 kejadian, dan kedalaman 35–40 km dengan jumlah 106 kejadian. Dari data ini bisa dilihat kejadian di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa didominasi oleh gempa dangkal. Hal ini akan memberikan potensi bahaya yang besar jika diikuti dengan kekuatan magnitudo yang besar pula.

Distribusi hubungan antara frekuensi kumulatif dengan magnitudo gempabumi di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa pada periode Januari 1990 sampai dengan Januari 2026, termasuk karakter seismisitas seperti *Mc*, *b-value*, dan *a-value* secara detail dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Distribusi frekuensi–magnitudo katalog ter-decluster di wilayah Bali, Lombok, Sumbawa

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa hubungan skala logaritmik frekuensi kumulatif terhadap magnitudo gempabumi menunjukkan bahwa seismisitas regional mengikuti Hukum Gutenberg–Richter. Karakter seismisitas diperoleh menggunakan metode *Maximum Curvature* yang menunjukkan aktivitas seismik di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa. Kotak terisi merupakan jumlah kejadian per bin magnitudo (*discrete*); kotak kosong adalah jumlah kumulatif kejadian dengan magnitudo ≥ M (*Cum events > M(x)*).

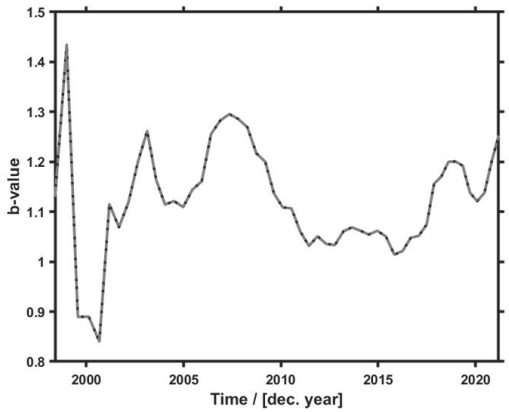
Pada katalog ter-decluster (1526 kejadian) diperoleh Mc = 4,5, dan b = 1,11 ± 0,03, dengan N = 796 kejadian di atas Mc. Dimana nilai Mc ini menunjukkan sebagian besar (sekitar 90–95%) kejadian dalam katalog terdeteksi. Nilai di bawah 4,5 kurva melandai karena keterbatasan jaringan seismik dalam mendeteksi gempabumi dengan magnitudo yang lebih kecil dari Mc. Mc = 4,5 digunakan tetap untuk menghitung *b-value* total periode 1990–2026. Gempabumi di bawah Mc tidak merepresentasikan karakter seismik regional dan membuat interpretasi *b-value* kurang akurat (Sari et al., 2025).

Nilai Mc yang tidak tetap selama 36 tahun membuat perhitungan *b-value* temporal Mc dihitung ulang pada setiap jendela 500 kejadian dengan *Maximum Curvature* (parameter sama dengan analisis *b-value* temporal). Variasi ini dapat mencerminkan perubahan kerapatan jaringan seismik selama 36 tahun dan komposisi kejadian per jendela, dan dicatat sebagai keterbatasan.

Pada penelitian ini diperoleh nilai *b-value* yang relatif lebih tinggi dari nilai referensi *b-value* global yang umumnya sebesar 1,0 (Sari et al., 2025). Nilai *b-value* yang relatif lebih tinggi ini menunjukkan bahwa karakter aktivitas seismik di wilayah Bali,

Lombok, dan Sumbawa didominasi oleh gempa kecil hingga sedang. Secara seismotektonik, hal ini berkaitan dengan kondisi heterogenitas batuan dan tegangan diferensial yang relatif rendah. Gempa kecil hingga sedang ini diperkirakan disebabkan oleh kerak bumi di panjang sesar aktif *Flores Back-Arc Thrust* dan zona subduksi regional Bali, Lombok, dan Sumbawa berada dalam kondisi heterogenitas batuan yang tinggi. Dimana heterogenitas tinggi ini membuat batuan cenderung lebih mudah melepaskan energi melalui gempa kecil yang kontinu dibandingkan menumpuk energi dalam waktu yang lama dan menimbulkan gempa besar.

Tingkat keaktifan regional dinyatakan oleh *a-value* sebesar 7,942, dengan *annual a-value* 6,387 untuk 36 tahun pengamatan, yang dihitung pada katalog ter-decluster dengan Mc = 4,5. Nilai *a-value* ini dipengaruhi oleh frekuensi kejadian gempabumi dimana nilai yang tinggi menunjukkan tingginya frekuensi kejadian gempabumi di wilayah penelitian (Hamidah et al., 2025). Hal ini diperkirakan bersumber dari aktivitas subduksi lempeng regional dan sesar aktif di wilayah penelitian. Sementara itu variasi temporal *b-value* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Variasi temporal b-value (katalog ter-decluster) di wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa

Variasi temporal *b-value* menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan selama periode pengamatan, dengan nilai berkisar antara 0,84 hingga 1,43. Pada awal periode pengamatan, nilai *b-value* mengalami penurunan tajam hingga mencapai sekitar 0,84 pada tahun 2000, kemudian meningkat secara bertahap hingga mencapai sekitar 1,29 pada tahun 2007–2008. Selanjutnya, nilai *b-value* cenderung menurun hingga sekitar 1,03 pada tahun 2012 dan relatif stabil pada kisaran 1,01–1,07 hingga tahun 2017. Setelah periode tersebut, nilai *b-value* kembali meningkat hingga sekitar 1,20 pada tahun 2019, mengalami sedikit penurunan pada tahun 2020, dan kemudian menunjukkan kecenderungan meningkat hingga mencapai sekitar 1,25 pada akhir periode pengamatan.

Secara umum, fluktuasi *b-value* mencerminkan perubahan karakteristik distribusi magnitudo gempa sepanjang periode pengamatan. Nilai *b-value* yang rendah dapat mengindikasikan dominasi relatif gempa bermagnitudo besar dan kemungkinan kondisi tegangan diferensial yang lebih tinggi, sedangkan nilai yang lebih tinggi menunjukkan proporsi kejadian gempa bermagnitudo kecil yang lebih besar. Namun, perubahan tersebut tidak hanya berkaitan dengan kondisi tegangan tektonik, tetapi juga dapat dipengaruhi oleh kelengkapan katalog (*magnitude of completeness*), jumlah kejadian gempa dalam setiap jendela waktu, serta keberadaan rangkaian gempa utama dan gempa susulan.

SIMPULAN

Analisis seismisitas wilayah Bali, Lombok, dan Sumbawa pada periode 1990–2026 menunjukkan bahwa, setelah katalog diurai dari gempa susulan dan dibatasi pada magnitudo di atas Mc, distribusi frekuensi–magnitudo mengikuti Hukum Gutenberg–Richter dengan *b-value* sedikit di atas nilai acuan global, yang menunjukkan proporsi relatif gempa kecil yang agak besar. Variasi temporal *b-value* sebagian besar berada pada kisaran yang mirip dengan nilai total, dan hanya pola jangka panjangnya yang dapat ditafsirkan; variasi ini tidak memberikan dasar untuk menyimpulkan prekursor gempa maupun kondisi tegangan. Penelitian lanjutan disarankan memetakan *b-value* per sumber gempa, memakai Mc yang bergantung waktu, dan membandingkan katalog lain (misalnya BMKG). Hasil ini dapat menjadi masukan awal bagi peneliti dan instansi kebencanaan daerah dalam kajian bahaya gempabumi di kawasan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana atas segala dukungan akademik, bimbingan, serta fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian mandiri ini. Apresiasi

juga disampaikan kepada rekan-rekan sejawat di lingkungan Fisika Udayana yang telah memberikan diskusi dan masukan konstruktif hingga artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.

PERNYATAAN

Kontribusi Penulis: Hangga Novian Adi Putra: Konseptualisasi, Metodologi, Pengolahan Data, Penulisan; Freygieon Ogiek Rizal Sukma: Penulisan, Kurasi Data, Analisis Formal; Putu Gede Agus Krisna Yogantara: Penulisan dan Penyuntingan. Widya Esti Purwaningtyas: Penulisan dan Penyuntingan. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui naskah akhir.

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Pernyataan Penggunaan Kecerdasan Artifisial (AI): Dalam penyusunan naskah ini, penulis menggunakan Claude untuk memperbaiki bahasa dan penulisan. Setelah menggunakan aplikasi tersebut, penulis telah menelaah dan menyunting isi seperlunya serta bertanggung jawab penuh atas isi publikasi.

Persetujuan Etik: Tidak Relevan. Penelitian ini memakai data sekunder katalog gempabumi yang tersedia untuk publik dan tidak melibatkan subjek manusia maupun hewan, sehingga persetujuan etik tidak diperlukan.

Ketersediaan Data: Data yang mendukung temuan penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar.

REFERENSI

Aslamia, H., & Supardi, Z. A. I. (2022). Analisis Parameter a-value dan b-value Sebagai Mitigasi Bencana Gempa Bumi di Nusa Tenggara Timur. *Jambura Physics Journal*, *4*(1), 14–27. https://doi.org/10.34312/jpj.v4i1.13815

Baihaqi, R., & Pujiastuti, D. (2023). Analisis Risiko Gempa Bumi di Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat. Jurnal Fisika Unand *(JFU)*, *12*(2), 207–213. https://doi.org/10.25077/jfu.12.2.206-212.2023

Bender, B. (1983). Maximum likelihood estimation of b values for magnitude grouped data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, *73*(3), 831–851. https://doi.org/10.1785/BSSA0730030831

Bunaga, I. G. K. S., Laily, E. N., Anggoro, C. D. R., Nafi, K., Ariyani, I. M., & Nugroho, C. (2025). Analisis Variasi Temporal Magnitude of Completeness (Mc) dan b-value di Wilayah Bali-Nusa Tenggara Tahun 2017-2023. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika, GeoScienceEd*, *6*(3), 1561–1567. https://jpfis.unram.ac.id/index.php/GeoScienceEdu/article/view/1215

Bustari, A. A. (2024). Kajian Seismisitas dan Energi Gempa bumi Sesar Naik Busur Belakang Flores di Segmen Utara Pulau Lombok Berdasarkan Data Kegempaan 2013-2023. *Jurnal Kolaboratif Sains*, *7*(7), 2268–2274. https://doi.org/10.56338/jks.v7i7.5475

El-Isa, Z. H., & Eaton, D. W. (2014). Spatiotemporal variations in the b-value of earthquake magnitude–frequency distributions: Classification and causes. *Tectonophysics*, *615–616*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.12.001

Felix, R. P., Hubbard, J. A., Bradley, K. E., Lythgoe, K. H., Li, L., & Switzer, A. D. (2022). Tsunami hazard in Lombok and Bali, Indonesia, due to the Flores back-arc thrust. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *22*(5), 1665–1682. https://doi.org/10.5194/nhess-22-1665-2022

Fitria, M., & Prastowo, T. (2022). Seismisitas Jawa Timur dan Potensi Bahaya Bencana Seismik Terkait. *Inovasi Fisika Indonesia*, *11*(1), 17–27. https://doi.org/10.26740/ifi.v11n1.p17-27

Geffers, G.-M., Main, I. G., & Naylor, M. (2022). Biases in estimating b-values from small earthquake catalogues: how high are high b-values? *Geophysical Journal International*, *229*(3), 1840–1855. https://doi.org/10.1093/gji/ggac028

Gutenberg, B., & Richter, C. F. (1944). Frequency of earthquakes in California*. *Bulletin of the Seismological Society of America*, *34*(4), 185–188. https://doi.org/10.1785/BSSA0340040185

Hamidah, I. F., Farduwin, A., Styawan, Y., Nurfitriani, I., Prasetyo, N., Junian, W. E., & Wulandari, R. (2025). Analisis Ancaman Gempa Lombok Menggunakan Metode Spasial Temporal A-Value Dan B-Value Periode 1964–2022. *Wahana Fisika*, *10*(1), 12–26. https://doi.org/10.17509/wafi.v10i1.76470

Hanafi, R., Dewi, I. K., & Ngatijo. (2024). Pemetaan Magnitude of Completeness (Mc) Untuk Gempa di Wilayah Bengkulu. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, *10*(2), 121–138. https://doi.org/10.23960/jge.v10i2.250

Lombardi, A. M. (2022). Anomalies and transient variations of b-value in Italy during the major earthquake sequences: what truth is there to this? *Geophysical Journal International*, *232*(3), 1545–1555. https://doi.org/10.1093/gji/ggac403

Madlazim, M., & Dwi Lestari, N. I. (2022). Analisis Seismisitas Dan Potensi Bahaya Bencana Seismik Pulau Sumatera Berdasarkan Data Gempa 1970-2020. *Inovasi Fisika Indonesia*, *11*(2), 1–11. https://doi.org/10.26740/ifi.v11n02.p1-11

Marzocchi, W., Spassiani, I., Stallone, A., & Taroni, M. (2020). How to be fooled searching for significant variations of the b-value. *Geophysical Journal International*, *220*(3), 1845–1856. https://doi.org/10.1093/gji/ggz541

Munir, R., Nurahmah, L., Friesky, V., Imran, M., & Haryono, A. (2024). Kajian Nilai B-Value untuk Menganalisis Aktivitas Seismik di Wilayah Pulau Jawa, Bali dan Nusa Tenggara Barat. *GEOSAINS KUTAI BASIN*, *7*(2), 57–63. https://doi.org/10.30872/geofisunmul.v7i2.1436

Pasau, G., Ferdy, & Tamuntuan, G. H. (2017). Pengamatan Seismisitas Gempa Bumi Di Wilayah Pulau Sulawesi Menggunakan Perubahan Nilai a-b. *Jurnal MIPA*, *6*(1), 31. https://doi.org/10.35799/jm.6.1.2017.15988

Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN). (2025). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2024* (1st ed.). Kementerian Pekerjaan Umum.

Putra, H. N. A. (2026). Pemetaan Daerah Rawan Gempa Bumi di Pulau Nias Berdasarkan Nilai Peak Ground Acceleration (PGA). *Gravitasi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, *9*(1), 10–18. https://doi.org/10.33059/gravitasi.jpfs.v9i01.13438

Reasenberg, P. (1985). Second-order moment of central California seismicity, 1969–1982. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *90*(B7), 5479–5495. https://doi.org/10.1029/JB090iB07p05479

Saefurohmah, M., Susanti, D. B., Sugito, & Maulita, I. (2025). Analisis Variasi b-value dan a-value Menggunakan Perangkat Lunak ZMAP Sebagai Indikator Potensi Gempabumi di Wilayah Jawa Timur. *Jurnal StasiunGeofisika Sleman*, *3*(2), 18–23.

Sari, E. P., Kusmita, T., & Kurniawan, W. B. (2025). Analisis Variasi Temporal b-Value Provinsi Bengkulu Menggunakan Metode Maximum Likelihood (Studi Kasus 2012–2022). *Jurnal Riset Fisika Indonesia, 6*(1), 30–39.

Siregar, U. K., Sirait, R., & Lubis, L. H. (2023). Identifikasi Tingkat Kerapuhan Batuan (b-value) Dengan Menggunakan Metode Likelihood di Wilayah Sumatera Utara Periode 1990-2021. *Jurnal Kumparan Fisika*, *6*(1), 37–46. https://doi.org/10.33369/jkf.6.1.37-46

Suarbawa, K. N., Sukarasa, I. K., & Riyono, E. (2021). Identifikasi Deformasi Pulau Bali Berdasarkan Rekaman Data GPS, Menggunakan Software GAMIT/GLOBK 10.6. *Buletin Fisika*, *22*(1), 47–52.

USGS. (2026, August 9). *Data Katalog Gempabumi*. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes