

KARAKTERISTIK PARAMETER GUTENBERG–RICHTER DAN OMORI PADA SEISMISITAS GEMPA BUMI DI PROVINSI SULAWESI TENGAH

Icha Untari Meidji^{1*}, Muhammad Fawwaz Ilham¹, Harsano Jayadi²

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo

²Program Studi Teknik Geofisika, FMIPA, Universitas Tadulako

*Corresponding Author: ichauntarimeiji10@gmail.com

Manuscript received: 10 January, 2026; Received in revised form: 27 February, 2026;
Accepted: 28 February, 2026.

ABSTRACT

*Central Sulawesi Province is a region with highly dynamic tectonic activity, primarily due to the presence of the Palu–Koro Fault system. This study aims to analyze the characteristics of seismicity in the region by applying the Gutenberg–Richter Law and Omori’s Law. The data used are derived from an earthquake catalog covering the period 2015–2025, as well as specific aftershock data following the 2018 Palu earthquake. Statistical analysis shows a seismic productivity value (*a*-value) of 7.511 and a rock brittleness level (*b*-value) of 1.073. In addition, the aftershock decay pattern was validated using Omori’s Law, indicating a drastic decrease from 51 events on the first day to 5 events on the seventh day. The results of this study provide an important contribution to disaster risk mapping by demonstrating that although seismic activity in Central Sulawesi is very high, its energy decay pattern follows a stable exponential trend. These findings are crucial for local governments in formulating disaster mitigation strategies based on statistical data and the physical parameters of rocks.*

Keywords: *Seismicity, Gutenberg–Richter Law, Omori’s Law, b-value, Earthquake.*

ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Tengah merupakan wilayah dengan aktivitas tektonik yang sangat dinamis, terutama akibat keberadaan sistem Sesar Palu-Koro. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik seismisitas di wilayah tersebut dengan menerapkan Hukum Gutenberg-Richter dan Hukum Omori. Data yang digunakan bersumber dari katalog gempa bumi periode 2015-2025 serta data spesifik gempa susulan pasca-peristiwa gempa Palu 2018. Analisis statistik menunjukkan nilai produktivitas seismik (*a*-value) sebesar 7,511 dan tingkat kerapuhan batuan (*b*-value) sebesar 1,073. Selain itu, pola peluruhan gempa susulan divalidasi menggunakan Hukum Omori, yang menunjukkan penurunan drastis dari 51 kejadian pada hari pertama menjadi 5 kejadian pada hari ketujuh. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemetaan risiko bencana dengan menunjukkan bahwa meskipun aktivitas seismik di Sulawesi Tengah sangat tinggi, pola peluruhan energinya mengikuti tren eksponensial yang stabil. Temuan ini krusial bagi pemerintah daerah dalam menyusun strategi mitigasi bencana berbasis data statistik parameter fisik batuan.

Kata Kunci: *Seismisitas, Hukum Gutenberg-Richter, Hukum Omori, b-value, Gempa.*

1. PENDAHULUAN

Kondisi tektonik Indonesia menempatkan sebagai kawasan yang sangat rawan terhadap bencana alam, khususnya gempa bumi, yang didefinisikan sebagai peristiwa pergeseran tiba-tiba lapisan tanah di bawah permukaan bumi. Ketika pergeseran ini terjadi, timbul getaran berupa gelombang seismik yang merambat ke segala arah, memicu terjadinya rupture serta rangkaian gempa susulan. Fenomena ini tidak hanya mengakibatkan kerusakan struktural pada bangunan, tetapi juga menimbulkan efek sekunder yang destruktif seperti tanah longsor, tsunami, dan peristiwa likuifaksi yang ditandai dengan munculnya lumpur pasir di permukaan tanah (sand boil), rembesan air melalui rekahan, atau tenggelamnya struktur bangunan di atas permukaan [1].

Indonesia terletak di wilayah Ring of Fire yang dikelilingi oleh pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik. Kondisi geologis ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu negara dengan tingkat kerawanan gempa bumi tertinggi di dunia. Di antara berbagai wilayah di Indonesia, Pulau Sulawesi memiliki kompleksitas tektonik yang unik karena struktur mikro lempengnya yang beragam [2], [3], [4].

Wilayah Sulawesi yang terletak di bagian timur Indonesia dikenal sebagai salah satu kawasan dengan kondisi tektonik yang sangat kompleks dan tingkat aktivitas seismik yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh posisi Sulawesi yang berada pada zona pertemuan beberapa lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia di bagian selatan, Lempeng Eurasia di bagian barat laut, serta Lempeng Pasifik di bagian timur laut. Interaksi antar lempeng tersebut memicu deformasi kerak bumi yang intens dan menjadikan Sulawesi sebagai wilayah yang rawan terhadap aktivitas kegempaan. Akibatnya, kejadian gempa bumi dengan berbagai skala magnitudo, baik kecil maupun besar, kerap terjadi setiap tahun dan

berpotensi menimbulkan dampak bencana yang signifikan [5], [6], [7].

Provinsi Sulawesi Tengah secara khusus menjadi perhatian serius dalam kajian seismologi karena dibelah oleh sistem Sesar Palu-Koro. Sesar ini merupakan sesar geser sinistral aktif yang memanjang sekitar 240 kilometer dari Teluk Palu hingga Teluk Bone [8]. Keberadaan sesar aktif ini menjadikannya salah satu struktur geologi yang paling berbahaya di daratan Sulawesi [9], [10].

Kecepatan pergerakan Sesar Palu-Koro diperkirakan mencapai 25 hingga 42 milimeter per tahun, menjadikannya salah satu sesar dengan laju geser tercepat di Indonesia. Laju geser yang tinggi ini menyebabkan akumulasi tegangan tektonik pada batuan terjadi dengan sangat cepat [11], [12]. Ketika batuan tidak lagi mampu menahan tegangan tersebut, pelepasan energi dalam bentuk gempa bumi menjadi tidak terhindarkan [13].

Peristiwa gempa bumi Mw 7,4 pada tanggal 28 September 2018 menjadi bukti nyata dari ancaman Sesar Palu-Koro. Gempa tersebut tidak hanya menyebabkan kerusakan infrastruktur akibat guncangan, tetapi juga memicu tsunami dan likuifaksi masif di Kota Palu dan Kabupaten Sigi. Fenomena ini menekankan urgensi pemahaman karakteristik seismisitas wilayah tersebut [14].

Pemilihan metode statistik dalam menganalisis seismisitas merupakan langkah esensial untuk memahami pola pelepasan energi tektonik. Hukum Gutenberg-Richter dan Hukum Omori adalah dua pendekatan utama yang sering digunakan untuk mengevaluasi aktivitas seismik di suatu wilayah [15]. Dengan metode ini, karakteristik fisik batuan dapat dikuantifikasi melalui parameter statistik [9]. Hukum Gutenberg-Richter memberikan gambaran mengenai hubungan antara frekuensi kejadian gempa dengan magnitudonya. Melalui parameter ini, peneliti dapat mengetahui tingkat keaktifan gempa bumi serta rasio antara gempa besar dan gempa kecil di suatu

wilayah. Analisis ini sangat berguna untuk memprediksi periode ulang gempa bumi di masa depan [15].

Sementara itu, pasca-kejadian gempa utama, muncul rangkaian gempa susulan yang frekuensinya cenderung menurun seiring waktu. Hukum Omori digunakan untuk memodelkan pola peluruhan frekuensi gempa susulan tersebut [13]. Pemodelan ini membantu memberikan informasi kepada masyarakat mengenai durasi bahaya guncangan susulan.

Signifikansi penelitian ini terletak pada integrasi data lapangan dengan model fisik batuan di Sulawesi Tengah. Dengan memahami nilai a dan b dari Gutenberg-Richter serta pola peluruhan dari Omori, kita dapat memetakan tingkat kerentanan batuan secara lebih akurat [9], [10], [16], [17]. Informasi ini sangat dibutuhkan untuk memperkuat sistem peringatan dini dan perencanaan tata ruang.

Tektonik lokal di Sulawesi Tengah yang didominasi batuan granit dan aluvial memberikan pengaruh signifikan terhadap amplifikasi guncangan. Kondisi batuan tersebut juga mempengaruhi bagaimana stres tektonik didistribusikan di sepanjang zona sesar. Oleh karena itu, pendekatan statistik harus selalu dikaitkan dengan konteks geologi setempat [17].

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi otoritas kebencanaan dalam mengevaluasi risiko seismik secara berkelanjutan. Melalui hasil analisis parameter fisik batuan, langkah-langkah kesiapsiagaan dapat diarahkan pada wilayah yang memiliki akumulasi stres tertinggi. Pada akhirnya, studi ini bertujuan untuk meminimalisir dampak destruktif dari dinamika tektonik di Sulawesi Tengah [9], [10].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dengan mengolah data sekunder dari katalog gempa bumi untuk wilayah Sulawesi Tengah. Fokus utama adalah

menentukan parameter-parameter fisik yang menggambarkan kondisi tektonik wilayah tersebut melalui dua hukum utama.

2.1 Analisis Hukum Gutenberg-Richter

Tingkat seismisitas dihitung menggunakan persamaan distribusi frekuensi-magnitudo [9], [10].

$$\log_{10} N = a - bM \quad (1)$$

Di mana:

N : Jumlah kumulatif gempa bumi dengan magnitudo $\geq M$.

$(a\text{-value})$: Menggambarkan tingkat aktivitas seismik atau produktivitas gempa di wilayah penelitian. Secara fisik, semakin tinggi nilai a , semakin aktif wilayah tersebut melepaskan energi seismik.

$(b\text{-value})$: Menggambarkan rasio antara gempa besar dan gempa kecil. Secara fisik, nilai b mencerminkan tingkat kerapuhan batuan (*brittleness*) dan akumulasi stres lokal. Nilai $b < 1,0$ sering dikaitkan dengan akumulasi stres tinggi, sedangkan $b > 1,0$ menunjukkan batuan yang lebih rapuh.

Pada penelitian ini, estimasi parameter a -value dan b -value dilakukan menggunakan metode *Ordinary Least Squares* (OLS) melalui regresi linier sederhana antara magnitudo gempa (M) sebagai variabel bebas dan $\log_{10}(N_{\text{kumulatif}})$ sebagai variabel terikat. Metode ini dipilih karena persamaan Gutenberg-Richter pada bentuk logaritmik menjadi hubungan linier, sehingga nilai a diperoleh dari intersep, sedangkan nilai b diperoleh dari negatif kemiringan garis regresi

2.2 Analisis Hukum Omori

Peluruhan gempa susulan dimodelkan untuk mengevaluasi stabilitas pasca-gempa menggunakan persamaan [13].

$$n(t) = \frac{k}{(t+c)^p} \quad (2)$$

Makna fisik dari parameter tersebut adalah:
 $n(t)$: Frekuensi gempa susulan pada waktu t setelah gempa utama.

Konstanta Produktivitas (K): Menunjukkan produktivitas awal rangkaian gempa susulan.

Konstanta Waktu (c): Konstanta waktu yang mengoreksi bias pada tahap awal rangkaian gempa.

Laju Peluruhan (p): Menunjukkan seberapa cepat tegangan pada bidang sesar mencapai kesetimbangan.

Nilai p yang tinggi menandakan peluruhan energi yang cepat, biasanya terjadi pada wilayah dengan suhu kerak bumi yang lebih tinggi [9], [10].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Distribusi Gutenberg-Richter

Data katalog gempa Sulawesi Tengah periode 2015–2025 dikelompokkan berdasarkan kelas magnitudo, kemudian dihitung frekuensi kejadian pada setiap kelas magnitudo (N) dan frekuensi kumulatifnya ($N \geq M$). Frekuensi kumulatif dihitung dari magnitudo terbesar ke magnitudo yang lebih kecil sesuai dengan formulasi Gutenberg-Richter, sehingga N pada Persamaan (1) merepresentasikan jumlah gempa dengan magnitudo lebih besar atau sama dengan suatu nilai magnitudo tertentu. Hasil pengolahan data tersebut pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi frekuensi gempa Sulawesi Tengah

Magnitudo (M)	Jumlah Gempa (N)	N Kumulatif (gempa dengan $M \geq N$)	log10 (N)
4	222	1656	3.21906
4.2	455	1434	3.156549
4.4	421	979	2.990783
4.6	229	558	2.746634
4.8	131	329	2.517196

Magnitudo (M)	Jumlah Gempa (N)	N Kumulatif (gempa dengan $M \geq N$)	log10 (N)
5	73	198	2.296665
5.2	37	125	2.09691
5.4	24	88	1.944483
5.6	33	64	1.80618
5.8	12	31	1.491362
6	10	19	1.278754
6.2	3	9	0.954243
6.4	1	6	0.778151
6.6	2	5	0.69897
6.8	2	3	0.477121
7	0	1	0
7.2	0	1	0
7.4	1	1	0

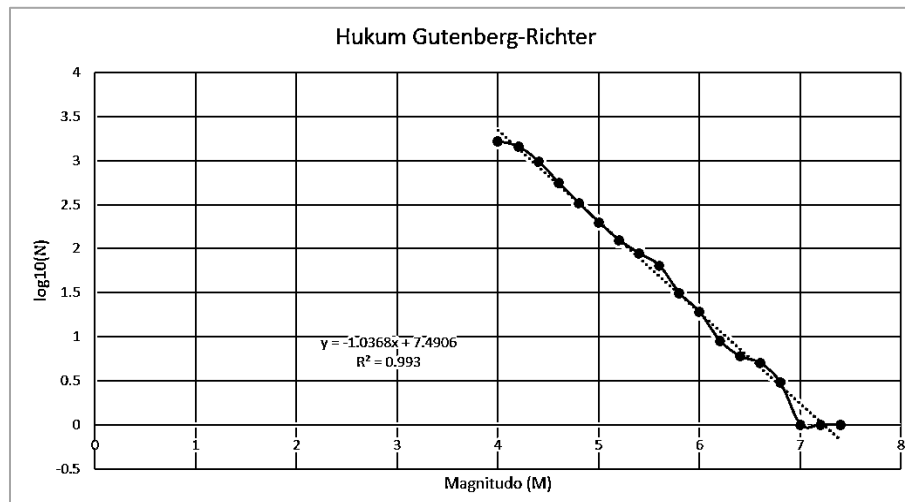
Cat: N kumulatif dihitung dari magnitudo terbesar ke magnitudo yang lebih kecil, sehingga pada kelas magnitudo yang tidak memiliki kejadian (misalnya $M = 7,0$ dan $7,2$), nilai kumulatif tetap dapat bernilai > 0 apabila masih terdapat gempa dengan magnitudo lebih besar.

Berdasarkan Tabel 1, jumlah kejadian gempa cenderung lebih banyak pada magnitudo kecil dan semakin berkurang pada magnitudo besar. Pola ini menunjukkan karakter umum distribusi frekuensi-magnitudo, yaitu kejadian gempa kecil lebih dominan dibandingkan gempa besar. Nilai frekuensi kumulatif menurun secara bertahap dari 1656 kejadian pada magnitudo 4,0 menjadi 1 kejadian pada magnitudo 7,4. Pada kelas magnitudo 7,0 dan 7,2, meskipun tidak terdapat kejadian gempa pada kelas tersebut ($N = 0$), nilai frekuensi kumulatif tetap sebesar 1 karena masih terdapat satu kejadian gempa pada magnitudo 7,4 yang memenuhi kriteria $M \geq 7,0$ dan $M \geq 7,2$. Dengan demikian, nilai tersebut konsisten dengan

definisi frekuensi kumulatif yang digunakan dalam analisis ini.

Data seismisitas yang digunakan terdiri atas nilai magnitudo (M), jumlah kejadian (N), serta jumlah kejadian kumulatif ($N_{\text{kumulatif}}$) yang dihitung dari magnitudo

terbesar ke yang lebih kecil. Selanjutnya dilakukan transformasi logaritmik dengan mengambil nilai $\log_{10}(N_{\text{kumulatif}})$ untuk memperoleh hubungan linear sebagaimana dinyatakan pada hukum Gutenberg–Richter.



Gambar 1: Kurva Hukum Gutenberg-Richter dari katalog gempa Sulawesi Tengah

Selanjutnya, data $N_{\geq M}$ ditransformasikan ke dalam bentuk logaritmik menjadi $\log_{10}(N)$ untuk memperoleh hubungan linier antara $\log_{10}(N)$ dan magnitudo M , sebagaimana dinyatakan dalam hukum Gutenberg-Richter. Berdasarkan analisis regresi linier, diperoleh nilai $a = 7,511$ dan $b = 1,073$. Nilai a yang relatif tinggi menunjukkan tingkat aktivitas seismik yang masih intens di wilayah Sulawesi Tengah. Sementara itu, nilai b yang lebih besar dari 1 mengindikasikan dominasi kejadian gempa bermagnitudo kecil hingga menengah dibandingkan kejadian gempa besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa pelepasan energi seismik di wilayah penelitian lebih sering terjadi melalui gempa-gempa kecil, walaupun sistem tektonik di sepanjang Sesar Palu-Koro tetap aktif dan dinamis.

Secara umum, hasil ini memperlihatkan bahwa wilayah Sulawesi Tengah masih memiliki produktivitas seismik yang tinggi, namun distribusi kejadiannya didominasi oleh gempa dengan magnitudo rendah. Oleh karena itu, interpretasi parameter a -value dan

b -value perlu dilakukan secara hati-hati dan selalu dikaitkan dengan kondisi geologi lokal, kualitas katalog gempa, serta metode estimasi parameter yang digunakan. Naskah ini saat ini menuliskan parameter diperoleh dari analisis regresi pada bentuk linier $\log_{10}(N)$ terhadap M , sehingga konsistensi antara tabel frekuensi kumulatif dan metode estimasi parameter menjadi sangat penting untuk menjaga validitas interpretasi.

3.2 Validasi Hukum Omori

Analisis gempa susulan selama 7 hari menunjukkan pola peluruhan frekuensi yang konsisten dengan teori Omori pada tabel 1 dan grafik hukum Omori pada gambar 2.

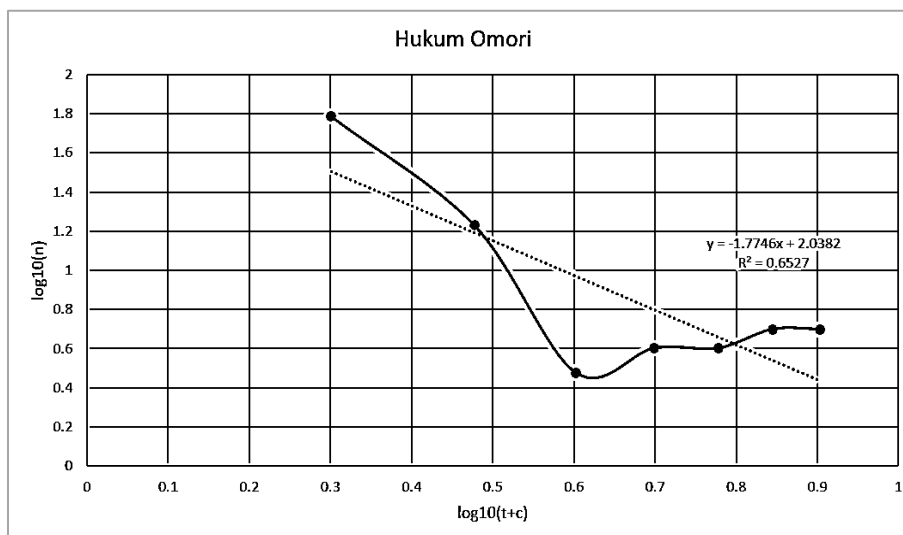
Tabel 2. Frekuensi Gempa Susulan

hari (t)	aftershock (n)	t+c	$\log_{10}(t+c)$	$\log_{10}(n)$
1	51	2	0.30103	1.78533
2	17	3	0.477121	1.230449
3	3	4	0.60206	0.477121
4	4	5	0.69897	0.60206
5	4	6	0.778151	0.60206
6	5	7	0.845098	0.69897
7	5	8	0.90309	0.69897

Data hasil transformasi $\log_{10}(t+c)$ dan $\log_{10}(n)$ kemudian diplot sehingga dapat dilihat hubungan linier antara dua variabel tersebut pada gambar 2.

Penurunan drastis dari 61 kejadian pada hari pertama menjadi 5 kejadian pada hari ketujuh menunjukkan disipasi energi yang cepat pada zona sesar. Hasil analisis korelasi menunjukkan nilai $r = -0,60$, yang merefleksikan hubungan negatif dengan kekuatan sedang antara waktu sejak gempa utama dan frekuensi gempa susulan. Secara empiris, nilai tersebut mengindikasikan adanya kecenderungan penurunan jumlah gempa susulan seiring bertambahnya waktu observasi. Pola ini secara konseptual sejalan dengan Hukum Omori, yang memprediksi bahwa laju kejadian gempa susulan akan mengalami peluruhan terhadap waktu. Namun demikian, hasil uji signifikansi menunjukkan nilai $p\text{-value} = 0,157$, yang lebih besar daripada ambang signifikansi

konvensional 0,05, sehingga hubungan yang teramati belum dapat dinyatakan signifikan secara statistik. Oleh sebab itu, temuan ini tidak dapat ditafsirkan sebagai verifikasi yang kuat terhadap model Omori, melainkan sebagai indikasi bahwa data observasi memperlihatkan kecenderungan pola yang konsisten secara fisik dengan kerangka teoritis tersebut. Ketidaksignifikanan statistik ini kemungkinan dipengaruhi oleh ukuran sampel yang terbatas, penggunaan agregasi data harian, serta variabilitas temporal kejadian gempa susulan yang tinggi, yang pada gilirannya dapat menurunkan kekuatan uji statistik. Dengan demikian, interpretasi terhadap hasil ini perlu mengindikasikan bahwa data penelitian menunjukkan kesesuaian pola secara deskriptif dan fisik dengan Hukum Omori, tetapi belum memberikan dukungan statistik yang cukup kuat untuk menyimpulkan keberlakuan model secara konklusif [13].



Gambar 2. Grafik Hukum Omori gempa Palu 28 September 2018

3.3 Implikasi terhadap Mitigasi Bencana

Nilai b yang diperoleh berada pada angka di atas 1,0 merupakan indikator positif yang mengindikasikan bahwa zona sesar telah mengalami pelepasan tegangan (*stress release*) secara signifikan dan tidak lagi berada dalam kondisi stres ekstrem sebagaimana yang terjadi menjelang peristiwa gempa besar Palu tahun 2018.

Secara fisik, nilai b yang relatif tinggi mencerminkan dominasi kejadian gempa bermagnitudo kecil hingga menengah, yang umumnya diasosiasikan dengan kondisi medium batuan yang lebih heterogen dan tingkat kerapuhan yang lebih rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa akumulasi energi elastik di sepanjang sistem Sesar Palu–Koro saat ini cenderung terdistribusi secara lebih

merata, sehingga menurunkan probabilitas terjadinya gempa besar dalam waktu dekat.

Meskipun demikian, tingginya nilai a yang diperoleh dari analisis Hukum Gutenberg–Richter menunjukkan bahwa tingkat aktivitas seismik di wilayah Sulawesi Tengah masih sangat intens. Nilai a yang besar merefleksikan tingginya laju kejadian gempa bumi secara keseluruhan, yang mengindikasikan bahwa sistem tektonik di wilayah ini tetap aktif dan dinamis. Dengan kata lain, meskipun tegangan maksimum telah berkurang, proses deformasi tektonik masih berlangsung secara kontinu akibat pergerakan relatif lempeng dan aktivitas sesar aktif.

Oleh karena itu, interpretasi parameter a dan b harus dilakukan secara simultan dan temporal. Pemantauan berkala terhadap perubahan nilai b menjadi sangat krusial, karena sejumlah studi empiris menunjukkan bahwa penurunan nilai b secara signifikan dan konsisten sering kali berkorelasi dengan peningkatan akumulasi stres dan dapat berperan sebagai prekursor terjadinya gempa bumi besar [15]. Fluktuasi nilai b yang bersifat spasial maupun temporal dapat mencerminkan perubahan kondisi fisik batuan, seperti peningkatan tekanan diferensial, perubahan fluida pori, dan evolusi zona rekahan di sekitar sesar aktif.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa seismisitas di Sulawesi Tengah pascagempa Palu 2018 dicirikan oleh tingkat produktivitas seismik yang tinggi, tercermin dari nilai a sebesar 7,511, yang menunjukkan bahwa sistem tektonik di wilayah ini tetap aktif dan dinamis. Nilai b sebesar 1,073 mengindikasikan bahwa kondisi batuan saat ini berada dalam fase pelepasan energi yang relatif stabil, dengan dominasi kejadian gempa bermagnitudo kecil hingga menengah, sehingga mencerminkan berkurangnya akumulasi tegangan ekstrem pada zona sesar utama.

Selain itu, pola peluruhan gempa susulan yang secara konsisten mengikuti Hukum Omori, dengan penurunan jumlah kejadian yang signifikan dalam satu minggu pertama, menegaskan bahwa proses relaksasi tegangan pascaperistiwa utama berlangsung secara efektif dan cepat. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa meskipun wilayah Sulawesi Tengah masih memiliki tingkat aktivitas seismik yang tinggi, mekanisme pelepasan energi tektoniknya cenderung terkendali, sehingga analisis parameter seismisitas seperti a -value, b -value, dan karakteristik gempa susulan menjadi elemen kunci dalam evaluasi berkelanjutan terhadap stabilitas batuan dan penyusunan strategi mitigasi risiko gempa bumi berbasis ilmiah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Vellicia, K. N. Suarbawa, dan R. Darsono, “Penentuan Asumsi Waktu Berakhirnya Gempa Susulan Studi Kasus Gempabumi Lombok 5 Agustus 2018,” *kpj*, vol. 3, no. 2, hlm. 99–104, Des 2019, doi: 10.29408/kpj.v3i2.1609.
- [2] R. Hall dan M. E. J. Wilson, “Neogene sutures in eastern Indonesia,” *Journal of Asian Earth Sciences*, vol. 18, no. 6, hlm. 781–808, Des 2000, doi: 10.1016/S1367-9120(00)00040-7.
- [3] O. Bellier *dkk.*, “High slip rate for a low seismicity along the Palu-Koro active fault in central Sulawesi (Indonesia),” *Terra Nova*, vol. 13, no. 6, hlm. 463–470, Des 2001, doi: 10.1046/j.1365-3121.2001.00382.x.
- [4] M. G. Audley-Charles, D. J. Carter, dan J. S. Milsom, “Tectonic Development of Eastern Indonesia in Relation to Gondwanaland Dispersal,” *Nature Physical Science*, vol. 239, no. 90, hlm. 35–39, Sep 1972, doi: 10.1038/physci239035a0.
- [5] W. B. Hamilton, *Tectonics of the Indonesian region*, vol. 1078. US Government Printing Office, 1979.
- [6] S. Mulyati, A. Abdullah, dan I. U. Meidji, “Seismisitas, Energi dan Percepatan

- Tanah Dalam Penentuan Tingkat Resiko Gempabumi Di Wilayah Sulawesi Tengah,” *Lepton: Journal of Physics and Applied*, vol. 1, no. 1, hlm. 1–13, Mar 2023, doi: 10.34312/ljpa.v1i1.18558.
- [7] D. Rusmilawati, D. Djayus, dan P. Lepong, “Studi Mekanisme Sumber Gempabumi Di Wilayah Kalimantan Berdasarkan Gerak Awal Gelombang P,” *Geosains Kutai Basin*, vol. 2, no. 2, Agu 2019, doi: 10.30872/geofisunmul.v2i2.470.
- [8] Supartoyo, C. Sulaiman, dan D. Junaedi, “Kelas tektonik sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah,” *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, vol. 5, no. 2, hlm. 111–128, 2014.
- [9] R. Maulinda, T. Kusmita, H. Aldila, dan T. Triani, “Analisis b-value Gempabumi Menggunakan Metode Gutenberg-Richter Berdasarkan Estimasi Maximum Likelihood Di Daerah Sulawesi Utara,” *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, vol. 4, no. 2, hlm. 75–82, Jun 2024, doi: 10.33019/jrfi.v4i2.3804.
- [10] I. Septiani dan D. Pujiastuti, “Analisis Seismisitas Wilayah Kepulauan Maluku Periode 1970-2019 dengan Menggunakan Metode Likelihood,” *Jurnal Fisika Unand*, vol. 10, no. 4, hlm. 461–466, Okt 2021, doi: 10.25077/jfu.10.4.461-466.2021.
- [11] P. A. Maulidsandy, P. Lepong, dan M. Mislan, “Soil Movement Analysis Based On Maximum Soil Speed Patterns Due To The Lombok Earthquake: Analisis Pergerakan Tanah Berdasarkan Pola Kecepatan Tanah Maksimum Akibat Gempa Bumi Lombok,” *Geosains Kutai Basin*, vol. 5, no. 1, hlm. 22–30, Agu 2022, doi: 10.30872/geofisunmul.v5i1.780.
- [12] A. Khairi, M. Awaluddin, dan B. Sudarsono, “Analisis Deformasi Seismik Sesar Matano Menggunakan Gns dan Interferometrik Sar,” *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 9, no. 2, hlm. 32–42, Apr 2020
- [13] D. A. Rahmalia, R. Andinisari, D. L. P. Tampubolon, J. Aminuddin, A. Y. Yuliardi, dan F. H. Fadhilah, “Temporal And Depth Variation Of Seismic Parameters Prior To Major Earthquakes In Palu Region, Indonesia,” *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, vol. 11, no. 3, hlm. 193–203, Sep 2025, doi: 10.23960/jge.v11i3.498.
- [14] S. Valkaniotis, A. Ganas, V. Tsironi, dan A. Barberopoulou, “A preliminary report on the M7.5 Palu earthquake co-seismic ruptures and landslides using image correlation techniques on optical satellite data,” *Report submitted to EMSC*, hlm. 1–15, 2018.
- [15] T. Apriliani dan T. Prastowo, “Penentuan Parameter Seismik A-Value Dan B-Value Untuk Analisis Potensi Bencana Gempa Di Wilayah Maluku: Keywords: Molucca seismicity, tectonic earthquake, a-value, b-value, Gutenberg-Richter law,” *Inovasi Fisika Indonesia*, vol. 10, no. 1, hlm. 11–20, Feb 2021, doi: 10.26740/ifi.v10n1.p11-20.
- [16] U. Chasanah dan E. Handoyo, “Analisis Tingkat Kegempaan Wilayah Jawa Timur berbasis Distribusi Spasial dan Temporal Magnitude Of Completeness (Mc), A-Value Dan B-Value,” *Indonesian Journal Of Applied Physics*, vol. 11, hlm. 210, Okt 2021, doi: 10.13057/ijap.v11i2.45984.
- [17] Y. Prananda, T. Zera, dan D. Sunarya, “Analisis Distribusi Spasial Dan Temporal Parameter Seismotektonik Wilayah Jawa Barat Dan Banten Berdasarkan A-Value Dan B-Value Periode 1971-2021,” *Buletin Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*, vol. 2, no. 3, hlm. 24–34, Apr 2022.