

Analisis Tingkat Seismisitas dan Percepatan Tanah Maksimum (PGA) Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan Data Gempa Bumi Periode 1973-2022

Analysis of Seismicity Level and Peak Ground Acceleration (PGA) in Southeast Sulawesi Region Based On Earthquake Data for The Period 1973-2022

Al Rubaiyn¹, Jamhir Safani^{1*}, Khairul Anwar¹,

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

Article history:

Received: 01 June 2023

Accepted: 31 August 2023

Keywords:

Kerapuhan batuan;

Seismisitas; PGA; Sulawesi

Tenggara

Correspondent author:

jamhir.safani@uho.ac.id

Abstrak. Telah dilakukan penelitian analisis tingkat seismisitas dan percepatan tanah maksimum wilayah Sulawesi Tenggara. Tujuan penelitian ini adalah untuk memetakan tingkat kerapuhan batuan (*b value*), tingkat seismisitas (*a value*), dan percepatan tanah maksimum (PGA) wilayah Sulawesi Tenggara. Data gempabumi yang digunakan bersumber dari USGS dan BMKG untuk periode 1973-2022. *Software* Zmap digunakan untuk menghitung *a value* dan *b value*. PGA dari data akselerograf digunakan untuk memperoleh metode empiris yang cocok untuk menghitung PGA Sulawesi Tenggara. Pemilihan metode yang sesuai berdasarkan *nilai kesalhan rata-rata* terkecil. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, nilai tingkat kerapuhan batuan berkisar antara 0,355-1,337 sedangkan tingkat seismisitas berkisar antara 2,773-7,879 dengan nilai tertinggi berada di daerah tenggara Sulawesi Tenggara. Hasil perbandingan nilai PGA dari data akselerograf dan metode empiris menunjukkan bahwa metode Liu & Tsai memiliki *RMSE* terendah yaitu 5,27 gal. Nilai PGA Liu & Tsai untuk wilayah Sulawesi Tenggara berkisar antara 18,6-155,7 gal.

Abstract. An analysis of seismicity level and maximum ground acceleration of Southeast Sulawesi region has been conducted. The purpose of this research is to map the level of rock fragility (*b value*), seismicity level (*a value*), and maximum ground acceleration (PGA) of Southeast Sulawesi. The earthquake data used is sourced from USGS and BMKG for the period 1973-2022. Zmap software was used to calculate *a value* and *b value*. PGA from accelerograph data was used to find a suitable empirical method to calculate the PGA of Southeast Sulawesi. The selection of a suitable method

is based on the smallest average error value. Based on the analysis results obtained, the value of rock fragility level ranges from 0.355-1.337 while the seismicity level ranges from 2.773-7.879 with the highest value is in the southeast area of Southeast Sulawesi. The comparison results of PGA values from accelerograph data and empirical methods show that the Liu & Tsai method has the lowest RMSE of 5.27 gal. Liu & Tsai's PGA values for Southeast Sulawesi ranged from 18.6-155.7 gal.

© 2023 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan catatan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), wilayah Sulawesi Tenggara pernah mengalami beberapa kejadian gempa bumi besar, salah satunya adalah gempa bumi yang berpusat di Kabupaten Konawe Selatan pada tanggal 25 April 2011. Kejadian tersebut mengakibatkan 1 orang luka berat, 5 orang luka ringan dan sekitar 487 rumah rusak (BMKG, 2019; PVMBG, 2014).

Salah satu cara untuk memitigasi dampak bencana gempa bumi adalah dengan melakukan pengkajian bahaya gempa bumi. Kajian mendasar bahaya gempa bumi berupa seismisitas gempa bumi berdasarkan sejarah kejadiannya. Dapat diartikan bahwa seismisitas merupakan besaran yang terukur untuk membandingkan aktivitas kegempaan suatu wilayah dengan wilayah lain. Terdapat parameter-parameter dalam penentuan tingkat seismisitas suatu wilayah, parameter tersebut berupa keaktifan seismik yang disebut *a value* dan *b value* yang menunjukkan tingkat stress batuan (Chasanah & Handoyo, 2021).

Dengan tingginya aktivitas gempa bumi dapat mempengaruhi nilai percepatan tanah

maksimum (PGA) di suatu wilayah. Semakin tinggi nilai PGA maka bahaya dan risiko akibat gempa bumi juga akan meningkat. Nilai PGA dapat digunakan untuk rencana mitigasi bencana gempa bumi dan sekaligus perencanaan pembangunan (Edwiza & Novita, 2008).

Penelitian tentang bahaya gempa bumi untuk wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti Ilham dkk (2019) yang memetakan periode ulang, dimensi fraktal dan rasio slip, Ratih dkk (2015) yang menganalisa periode ulang gempa bumi wilayah Sulawesi Tenggara berdasarkan *b-value* metode *least square*, Abubakar (2012), dan Asna (2017) memetakan nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) menggunakan metode MC Guirre R.K. Pada penelitian ini, penulis melakukan pemetaan tingkat seismisitas menggunakan metode maksimum *likelihood* dan percepatan tanah maksimum (PGA) menggunakan beberapa metode empiris.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Gempa bumi merupakan fenomena alam berupa bergetarnya permukaan tanah yang terjadi karena pelepasan energi secara tiba-tiba akibat dari pecah/slipnya massa batuan

(Pawirodikromo, 2012). Kejadian tersebut dapat terjadi dikarenakan adanya tekanan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada lapisan bumi yang terus menerus hingga batuan akan mencapai batas maksimum dan akhirnya terjadi patahan secara tiba-tiba (Ilham dkk., 2019).

2.1. Seismisitas

Seismisitas menggambarkan aktivitas seismik atau banyaknya kejadian gempabumi dalam kurun waktu dan tempat tertentu (Wibowo & Sembari, 2017). Hal tersebut menunjukkan hubungan antara frekuensi dan magnitudo. Gutenberg & Richter (1944) menyatakan hubungan frekuensi-magnitudo dengan persamaan berikut:

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

dengan N adalah Jumlah gempabumi $M \geq M_0$, a parameter seismik, b parameter tektonik, dan M magnitudo gempabumi.

Nilai a (a value) merupakan parameter seismik yang menunjukkan keaktifan seismik daerah yang dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan, periode pengamatan, luas daerah pengamatan dan aktivitas seismik daerah pengamatan. Sedangkan nilai b (b value) merupakan parameter tektonik yang menggambarkan jumlah relatif dari gempabumi yang kecil hingga besar dan umumnya menunjukkan tingkat kerapuhan batuan (Chasanah dkk., 2013). Suatu daerah yang memiliki a value besar menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki aktivitas seismik dan kerapuhan batuan (b value) yang tinggi karena batuan dengan tingkat kerapuhan tinggi memiliki tingkat stress yang

rendah. Begitupun sebaliknya daerah dengan a value kecil juga memiliki b value kecil (Chasanah dkk., 2013).

Nilai a - b value dapat dihitung menggunakan persamaan maksimum *likelihood* yang diperkenalkan oleh Aki dan Utsu pada tahun 1965 (Nava dkk., 2016) sebagai berikut:

$$b = \frac{\log e}{(\bar{M} - M_0)} \quad (2)$$

$$a = \log N (M \geq M_0) + \log(b \ln 10) + M_0 b \quad (3)$$

dengan e adalah konstanta *euler* (2.71828), \bar{M} magnitudo rata-rata, M_0 magnitudo minimum, dan N Jumlah gempabumi.

Penggunaan *magnitude completeness* sebagai magnitudo minimum dalam penentuan b -value didefinisikan sebagai magnitudo *cut-off* untuk menentukan nilai terendah dari katalog rekaman seismik rill. M_c dapat diperoleh dengan beberapa metode, yaitu *maximum curvature* (MAXC), *Mc by b-value stability* (MBS), *entire magnitude range* (EMR) dan sebagainya (Pratama dkk, 2021).

2.2. Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) merupakan percepatan maksimum dari getaran tanah disuatu tempat pada periode tertentu akibat kejadian gempabumi. daerah dengan nilai percepatan tanah maksimum yang tinggi umumnya memiliki tingkat bahaya dan resiko yang lebih tinggi (Bustari & Wibowo, 2023). Magnitudo, episenter, hiposenter, kondisi tanah, dan mekanisme sumber gempabumi merupakan faktor/parameter yang mempengaruhi nilai percepatan tanah di suatu wilayah (Pawirodikromo, 2012). Untuk

mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya yaitu dengan melakukan pengukuran menggunakan alat akselerograf dan perhitungan menggunakan metode empiris. Metode empiris yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Gutenberg Richter (1942)

$$\log PGA = \frac{I_x}{3} - 1/2 \quad (4)$$

$$I_x = I_0 \exp -0.0021R \quad (4a)$$

$$I_0 = 1.5 (M - 0.5) \quad (4b)$$

2. Donovan (1973)

$$PGA = 1080 e^{0.5M} (R + 25)^{-1.32} \quad (5)$$

3. McGuire (1977)

$$PGA = (472)10^{0.278M} (R + 25)^{-1.301} \quad (6)$$

4. Campbell (1981)

$$PGA = 0.0159 \exp(0.868M) [R + 0.0606 \exp(0.700M)]^{-1.09} \quad (7)$$

5. Chang dkk (2001)

$$\ln PGA = 2.8096 + 0.8993M - 0.4381 \ln D_p - (1.0954 - 0.0079D_p) \ln \Delta \quad (8)$$

6. Liu & Tsai (2005)

$$\ln PGA = -0.852 \ln(R + 1.24) + (-0.0071R) + 1.027M + 1.062 \quad (9)$$

7. Abdelfattah dkk (2021)

$$\log(PGA) = -1.36 + 0.85M - 0.85 \log R - 0.005R \quad (10)$$

dengan PGA adalah percepatan tanah maksimum (gal), e adalah konstanta *euler* (2.71828), R jarak hiposenter gempa terhadap titik penelitian, D_p kedalaman (Km), Δ jarak episenter (Km), I_x intensitas gempabumi pada titik penelitian, dan I_0 intensitas gempabumi pada sumber gempabumi.

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan berupa data gempabumi periode 1973-2008 dari United States Geological Survey (USGS) melalui situs resminya

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>,

data gempabumi periode 2009-2022 dari situs Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

<https://repopempa.bmkg.go.id/eventcatalog>,

dan PGA akselerograf hasil perhitungan alat BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Kendari (KDRI) hasil penelitian Mudhalifana dkk (2020).

Perhitungan *a-b value* menggunakan metode maksimum *likelihood* (Persamaan (2) dan (3)) dengan bantuan *software* Zmap 6.0. Zmap merupakan *software* yang dipublikasi oleh Stefan Wiemer pada tahun 1994 untuk memudahkan seismolog dalam menganalisis katalog gempabumi dari berbagai sudut pandang.

Data PGA akselerograf digunakan untuk menentukan persamaan yang paling mendekati sesuai dengan nilai PGA Provinsi Sulawesi Tenggara. Parameter yang digunakan yaitu *root mean square error (RMSE)*. Semakin Rendah *RMSE* maka persamaan empiris makin mendekati sesuai.

Persamaan RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Yrm_1 - Yrm_2)^2}{n}} \quad (11)$$

dengan Yrm_1 adalah jumlah nilai acuan (PGA akselerograf), Yrm_2 jumlah nilai yang dibandingkan (PGA metode empiris), dan n adalah jumlah data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

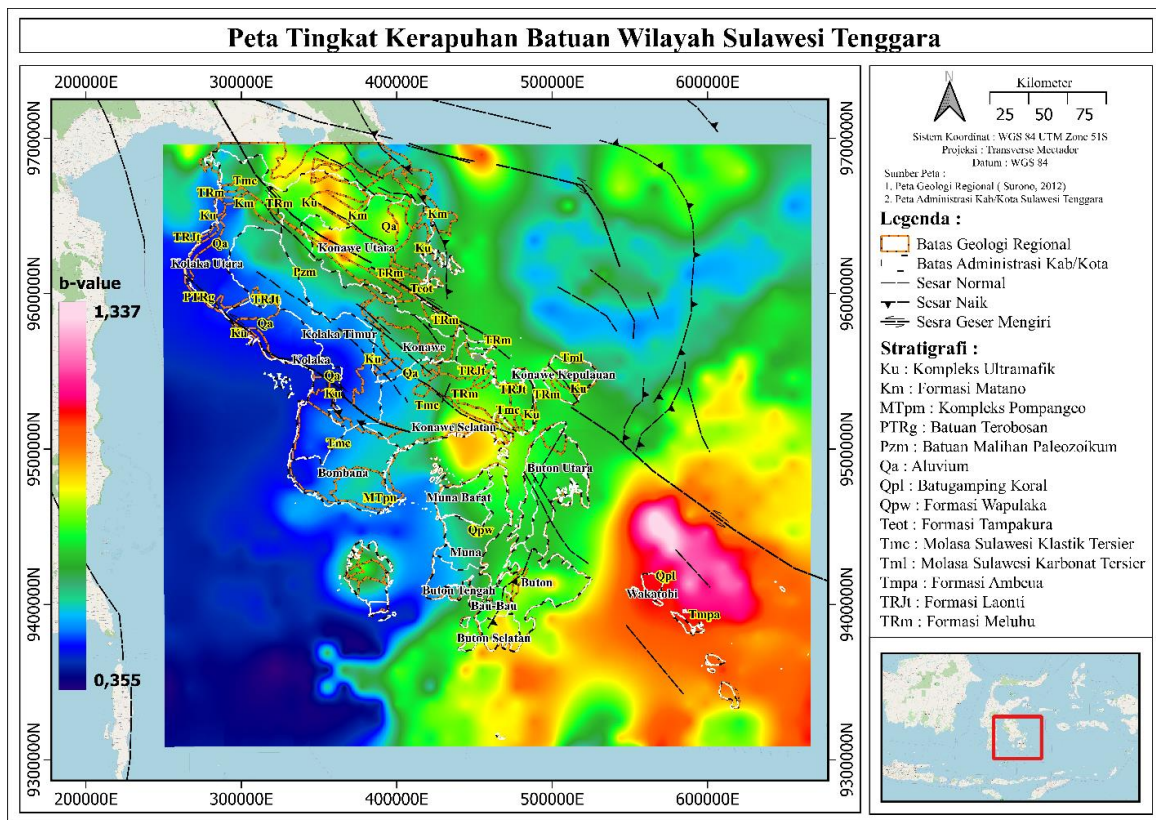
4.1. Tingkat Kerapuhan Batuan

b value merupakan parameter tektonik yang menggambarkan jumlah relatif dari gempabumi yang kecil hingga besar dan umumnya menunjukkan tingkat kerapuhan batuan (Chasanah dkk., 2013). Sebaran *b value* untuk wilayah Sulawesi Tenggara (**Gambar 1**) berkisar antara 0,355-1,337 dengan nilai tertinggi berada pada bagian tenggara, tingginya nilai *b* pada wilayah ini diakibatkan oleh kondisi struktur geologi dan batuan penyusunnya. Nilai *b* tinggi biasanya berkorelasi dengan tingkat *stress* batuan yang rendah sehingga *stress* akibat tekanan dan regangan pada batuan tidak terakumulasi dan kemungkinan untuk terjadinya perbesaran magnitudo akan berkurang. Selain itu, *b value* tinggi juga berkorelasi dengan besarnya heterogenitas batuan (Wahyuni dkk, 2020). Daerah dengan *b value* tinggi tersebut merupakan wilayah Kabupaten Buton Utara, Kabupaten Buton, dan Kabupaten Wakatobi sebagai bagian dari Mikrokontinental Buton dan Tukang Besi dengan batuan yang heterogen (Maulana dkk, 2019). Sedangkan untuk nilai *b* terendah berada di wilayah Teluk Bone. Nilai *b* rendah ini menunjukkan kemampuan batuan untuk mengakumulasi

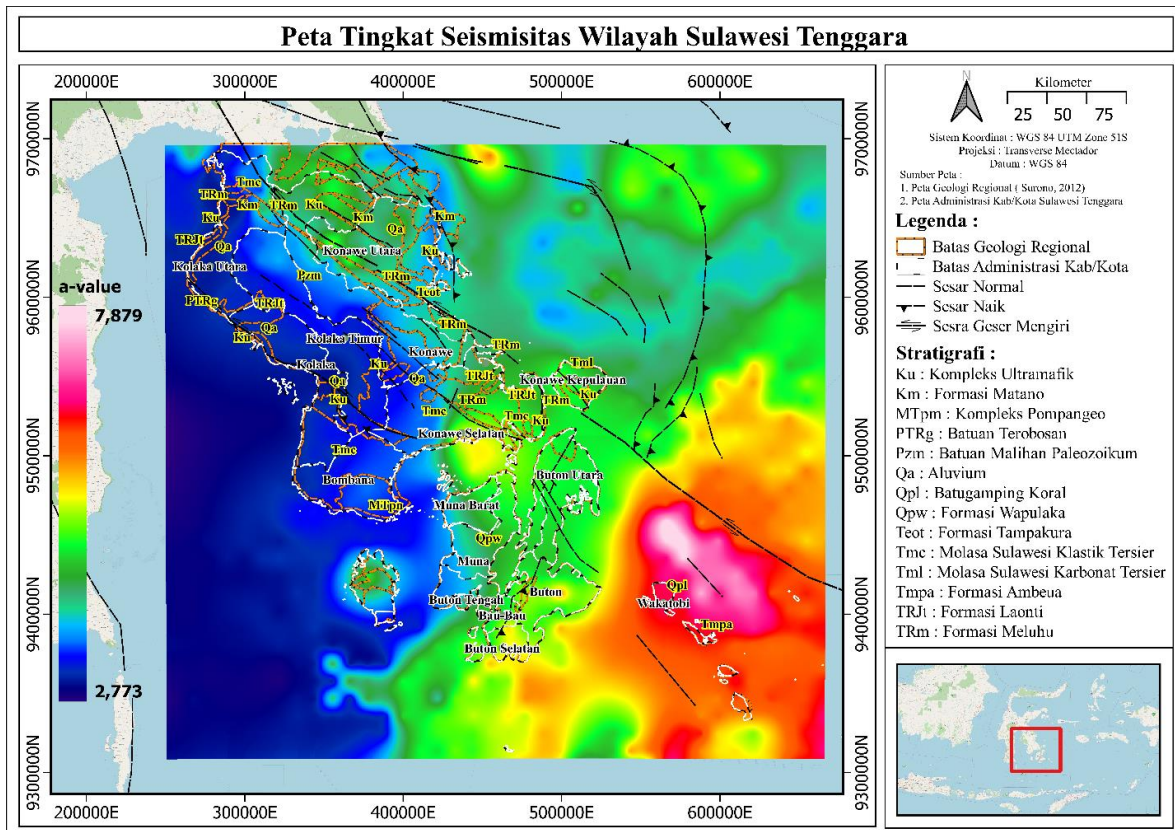
stress yang tinggi sehingga sewaktu-waktu dapat menyebabkan terjadinya perbesaran magnitudo. Berdasarkan data gempabumi yang diperoleh, tidak banyak kejadian gempabumi untuk wilayah Teluk Bone, namun dari data tersebut terlihat bahwa kekuatan gempabumi di wilayah ini cukup variatif dengan beberapa gempabumi kecil dan tak sedikit gempabumi besar akibat pelepasan energi atau *stress* pada batuan.

4.2. Tingkat Seismisitas

Kejadian gempabumi di Provinsi Sulawesi Tenggara cukup sering terjadi, hal itu dipengaruhi oleh aktivitas sesar-sesar yang ada di wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara dan sekitarnya (Ilham, 2019). Tingkat seismisitas (*a-value*) merupakan parameter seismik yang menunjukkan keaktifan seismik daerah yang dipengaruhi oleh tingkat kerapuhan batuan, periode pengamatan, luas daerah pengamatan dan aktivitas seismik daerah pengamatan. Pola sebaran nilai *a* (**Gambar 2**) tampak mirip dengan sebaran nilai *b* (**Gambar 1**), hal ini serupa dengan pernyataan Rohadi (2009) bahwa wilayah yang memiliki nilai *a* tinggi akan bersesuaian dengan wilayah yang bernilai *b* tinggi. Suatu daerah yang memiliki *a value* tinggi menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki aktivitas seismik dan kerapuhan batuan (*b value*) yang tinggi karena batuan dengan tingkat kerapuhan tinggi memiliki tingkat *stress* yang rendah sehingga tidak ada energi atau *stress* yang terakumulasi. Begitupun sebaliknya daerah dengan *a value* kecil juga memiliki *b value* kecil (Chasanah dkk., 2013).



Gambar 1. Sebaran b value untuk wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara



Gambar 2. Sebaran a value untuk wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara

Hasil penelitian menghasilkan *a-value* untuk wilayah Sulawesi Tenggara yang berkisar antara 2,773–7,879. Bagian tenggara Sulawesi Tenggara merupakan wilayah dengan *a-value* tertinggi yang ditunjukkan dengan degradasi warna kuning hingga merah, tingginya *a-value* di daerah tersebut menandakan bahwa daerah tersebut memiliki aktivitas seismik yang tinggi. Sedangkan daerah dengan tingkat seismisitas terendah berada di bagian barat Sulawesi Tenggara.

4.3. Percepatan Tanah Maksimum

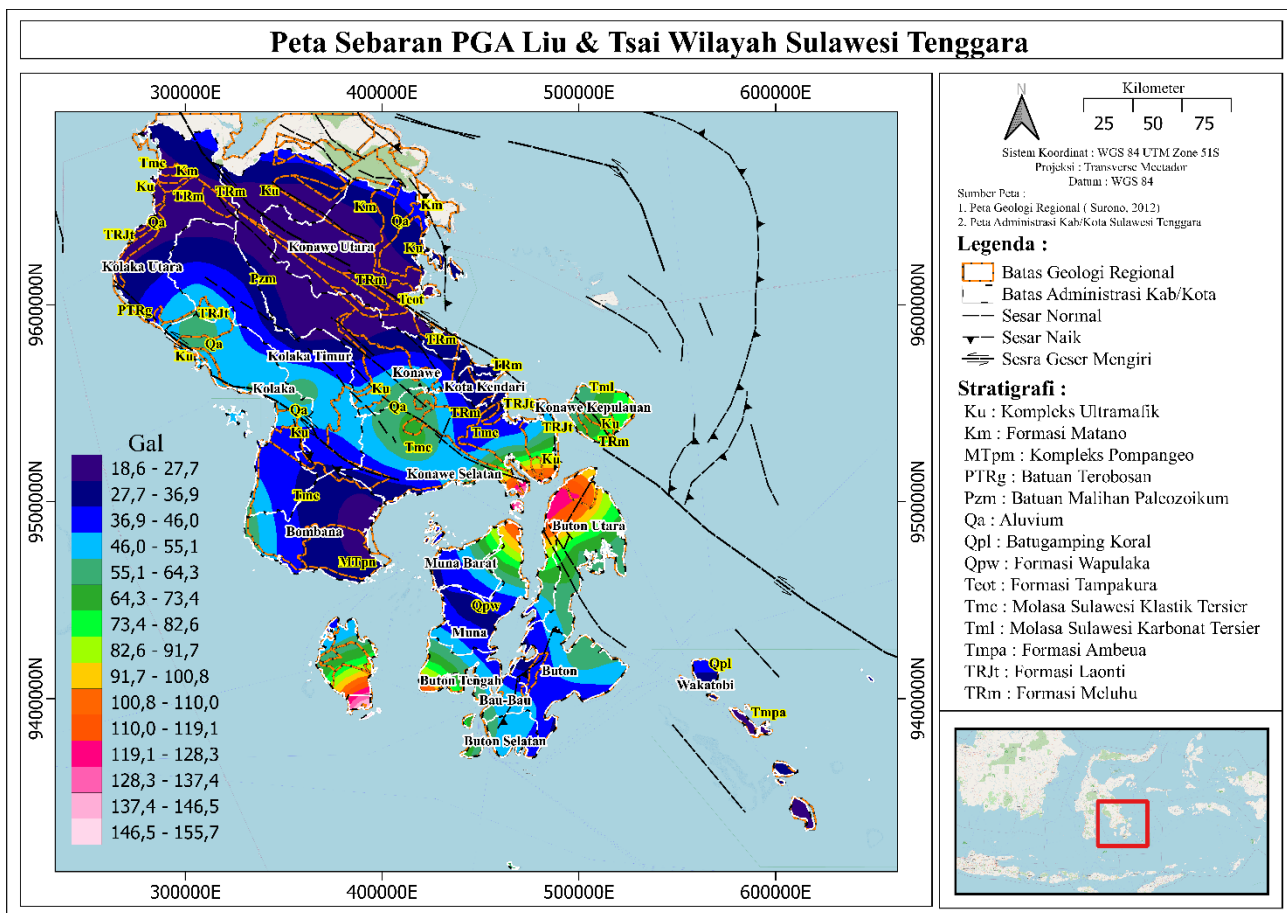
Perbandingan PGA akselerograf dan PGA metode empiris pada Tabel 1 memiliki nilai *RMSE* yang bervariasi. *RMSE* tertinggi diperoleh metode Donovan (1973) yaitu 150,92 gal sedangkan *RMSE* terkecil diperoleh metode empiris Liu & Tsai (2005) yaitu 5,27 gal.

Tabel 1. Perbandingan nilai PGA akselerograf KDRI (Mudhalifana dkk, 2020) dan PGA metode empiris

No	X Stasiun	Y Stasiun	X Gempabumi	Y Gempabumi	Ml	depth	R	PGA Akselerograf (gal)	PGA Gutenberg & Richter (gal)	PGA Donovan (gal)	PGA McGuire (gal)	PGA Campbell (gal)	PGA Chang dkk (gal)	PGA Liu & Tsai (gal)	PGA Abdelfattah dkk (gal)
1	454485.622	9561177.397	458936.247	9539071.9	2.8	10.2	24.749	6.429	3.906	25.216	17.572	5.266	3.153	2.681	0.515
2	454485.622	9561177.397	458935.211	9541282.67	2.6	10	20.551	4.8	3.204	25.632	17.339	5.416	2.929	2.614	0.428
3	454485.622	9561177.397	458936.247	9539071.9	2.6	10	22.698	4.418	3.170	24.120	16.331	4.869	2.644	2.376	0.384
4	454485.622	9561177.397	457823.224	9545703.67	2.6	9	16.042	7.397	3.275	29.414	19.858	7.056	3.881	3.288	0.556
5	454485.622	9561177.397	456710.08	9552335.43	2.6	10	9.481	6.981	3.383	37.017	24.909	12.305	6.636	5.175	0.938
6	454485.622	9561177.397	458937.288	9536861.14	2.1	10	24.809	1.914	1.817	17.741	11.208	2.881	1.536	1.303	0.130
7	454485.622	9561177.397	457821.133	9550125.19	2.9	10	11.903	10.841	4.681	39.321	27.631	12.468	6.838	5.819	1.353
8	454485.622	9561177.397	463374.24	9542390.01	2.3	5	20.911	1.629	2.298	21.834	14.164	4.112	2.636	1.889	0.233
9	454485.622	9561177.397	143741.404	9957932.54	7.6	10	504.02	4.061	5.393	12.268	17.519	12.614	10.084	0.985	1.918
10	454485.622	9561177.397	462239.627	9604290.27	3.4	15	43.936	0.806	6.640	22.130	16.878	4.754	2.687	2.705	0.820
11	454485.622	9561177.397	507770.963	9564504.41	3.8	10	53.524	0.809	9.432	22.760	18.405	5.418	3.239	3.235	1.359
12	454485.622	9561177.397	437831.327	9564483.86	3.2	10	17.278	3.047	6.337	38.179	28.052	10.843	6.051	5.691	1.666
13	454485.622	9561177.397	441179.265	9537956.35	2.1	5	26.846	0.165	1.804	16.827	10.639	2.646	1.686	1.205	0.119
14	454485.622	9561177.397	462246.755	9585499.06	3.2	8	25.73	2.108	6.012	30.016	22.131	7.106	4.188	3.891	1.078
15	454485.622	9561177.397	446723.178	9546803.1	2.8	10	16.575	2.252	4.080	31.958	22.195	8.077	4.392	3.920	0.795
16	454485.622	9561177.397	456699.209	9575548.38	2.9	9	14.827	3.543	4.605	35.556	25.021	9.893	5.545	4.803	1.085
17	454485.622	9561177.397	448944.366	9544593.61	2.4	9	17.649	0.541	2.603	25.299	16.620	5.373	2.928	2.454	0.340
18	454485.622	9561177.397	460025.948	9585498.18	3.2	9	25.148	3.358	6.033	30.476	22.465	7.281	4.179	3.980	1.106
19	454485.622	9561177.397	475575.76	9568922.95	4.3	10	22.875	5.089	20.459	56.158	48.252	20.302	12.240	13.516	10.597
20	454485.622	9561177.397	448939.941	9552331.36	3.6	10	11.044	6.995	10.339	57.562	44.597	24.094	14.213	12.727	5.730
21	454485.622	9561177.397	456663.092	9663977.67	3.4	10	102.88	7.193	4.659	9.789	7.554	1.898	1.161	0.874	0.202
22	454485.622	9561177.397	461154.958	9541283.68	2.5	5	21.13	0.647	2.862	23.979	15.999	4.826	3.123	2.297	0.341
23	454485.622	9561177.397	453382.908	9546806.84	2.2	9	14.58	2.726	2.110	25.263	16.115	5.557	2.982	2.376	0.280
24	454485.622	9561177.397	447728.44	9791090.38	6.5	10	230.1	9.137	22.407	18.536	22.377	11.408	8.323	4.330	10.159
25	454485.622	9561177.397	458935.211	9541282.67	2.5	5	20.539	0.745	2.869	24.391	16.270	4.975	3.220	2.360	0.352
26	454485.622	9561177.397	452262.514	9566703.19	2.9	5	6.6247	1.166	4.824	48.208	33.776	22.873	16.916	9.357	2.365
27	454485.622	9561177.397	456704.314	9564494.61	3.2	10	5.1153	2.411	6.848	59.744	43.615	37.735	26.362	15.433	5.394
28	454485.622	9561177.397	444502.567	9547907.14	2	5	16.726	0.245	1.675	21.320	13.237	4.042	2.550	1.710	0.165
29	454485.622	9561177.397	445609.859	9552329.41	2.6	10	12.799	0.476	3.328	32.789	22.102	8.968	4.803	4.017	0.700
30	454485.622	9561177.397	457810.487	9573338.13	2.5	10	12.853	3.225	2.974	31.132	20.694	8.204	4.363	3.612	0.573
31	454485.622	9561177.397	457811.477	9571127.38	2.6	10	10.808	4.131	3.361	35.216	23.714	10.722	5.754	4.641	0.827
32	454485.622	9561177.397	440061.904	9549009.67	2.4	5	19.023	0.322	2.587	24.262	15.949	4.959	3.193	2.289	0.314
33	454485.622	9561177.397	529991.201	9621978.52	5.3	10	97.087	4.417	28.664	26.909	27.076	10.305	6.807	6.730	9.343
Jumlah								114.024	198.640	981.0205	720.265	309.2457	191.2428	144.284	62.1649951
Error									14.73	150.92	105.53	33.98	13.44	5.27	9.03

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 maka metode empiris yang mendekati hasil pengukuran akselerograf KDRI Sulawesi Tenggara adalah metode Liu & Tsai (2005), namun perlu di ingat bahwa penggunaan metode empiris untuk tiap daerah harus dikaji

terlebih dahulu, ini terlihat dari nilai *RMSE* yang bervariasi bahkan terdapat beberapa metode yang memiliki nilai *RMSE* tinggi. Jika salah dalam penentuan metode empiris yang akan digunakan dalam perhitungan percepatan tanah maka akan berdampak pada hasil pemetaan percepatan tanah itu sendiri.



Gambar 3. Sebaran PGA metode Liu & Tsai (2005) untuk wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara

Hasil pemetaan sebaran PGA Liu & Tsai (2005) untuk wilayah Sulawesi Tenggara berkisar 18,6–155,7 gal (**Gambar 3**) dengan nilai tertinggi berada di selatan Pulau Kabaena akibat gempa bumi 19 Februari 2005 dengan kekuatan 6,5 Mw dan kedalaman 10 Km di Teluk Bone tidak jauh dari Sesar Buton segmen B. Kemudian bagian selatan Konawe Selatan, timur laut Pulau Muna dan utara

Buton Utara memiliki nilai PGA hingga 128,3 gal akibat gempa bumi di laut lainea 24 april 2011 akibat aktivitas Sesar Lokal Lainea dan Sesar Buton segmen A yang memiliki kekuatan 6,1 Mw dengan kedalaman 8 Km. Nilai PGA terendah berada di utara Provinsi Sulawesi Tenggara dan Kabupaten Wakatobi.

Pola sebaran PGA Liu & Tsai (**Gambar 3**) menunjukkan bahwa nilai PGA yang tertinggi

di wilayah Sulawesi Tenggara dipengaruhi oleh aktivitas Sesar Buton B, Sesar Lokal Lainea dan Sesar Buton A. wilayah dengan PGA sedang yang dipengaruhi oleh aktivitas Sesar Naik Tolo, Sesar Konawehea dan Sesar Kolaka. Daerah yang dekat dengan sumber gempa bumi (Sesar) berkemungkinan besar untuk mengalami percepatan tanah yang besar, hal tersebut karena magnitudo, episenter, kedalaman, kondisi tanah, dan mekanisme sumber gempa bumi merupakan faktor/parameter yang mempengaruhi nilai percepatan tanah di suatu wilayah (Pawirodikromo, 2012). Nilai PGA yang terendah berada di bagian utara Sulawesi Tenggara dan Kepulauan Wakatobi. Rendahnya PGA di utara Sulawesi Tenggara dikarenakan gempa bumi yang terjadi di wilayah ini merupakan gempa bumi dengan kekuatan kecil dan beberapa gempa bumi berkekuatan sedang dan dalam. Sedangkan gempa bumi disekitar kepulauan wakatobi merupakan gempa bumi sedang dan dalam sehingga memiliki PGA yang rendah, sesuai dengan pernyataan Maramis dkk (2020), semakin dalam sumber gempa bumi maka nilai PGA semakin kecil, sebaliknya semakin dangkal sumber gempa maka PGA semakin besar

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tentang tingkat kerapuhan batuan, tingkat seismisitas dan percepatan tanah maksimum (PGA) wilayah Sulawesi Tenggara berdasarkan data gempa bumi periode 1973-2022, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Sebaran nilai tingkat kerapuhan batuan (*b value*) di wilayah Sulawesi Tenggara memiliki nilai 0,355-1,337 dengan nilai tertinggi berada di daerah tenggara Sulawesi Tenggara, sedangkan nilai terendah berada di wilayah Teluk Bone.
- b. Wilayah Sulawesi Tenggara merupakan daerah dengan aktivitas seismik rendah hingga tinggi yang memiliki nilai 2,773–7,879. Nilai tertinggi berada di daerah tenggara Sulawesi Tenggara dan nilai terendah berada di Teluk Bone
- c. Metode empiris Liu & Tsai merupakan metode empiris dengan nilai paling mendekati PGA akselerograf BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Kendari (KDRI) dengan *RMSE* sebesar 5,27 gal. Sebaran PGA Liu & Tsai untuk wilayah Sulawesi Tenggara berkisar antara 18,6–155,7 gal dengan nilai tertinggi berada di selatan Pulau Kabaena dan wilayah sekitar laut Lainea. Sedangkan nilai PGA terendah berada di daerah utara Sulawesi Tenggara dan Kepulauan Wakatobi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi dan Geofisika yang telah memberikan bantuan data untuk penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA (REFERENCE)

- Abdelfattah, A. K., Al-amri, A., Abdelrahman, K., Fnais, M., & Qaysi, S. (2021). *Attenuation Relationships of Peak Ground Motions in the Jazan Region*. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(139).
- Asna. (2018). *Pemetaan Daerah Rawan*

- Bencana Gempabumi di Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Metode MC. Guirre R.K.* Skripsi, Universitas Islam Negeri Alaudin, Makassar.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2019). *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak*.
- Bakar, A. A., & Mudhalifana, W.S. (2012). *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sulawesi Tenggara Menggunakan Metode MC. Guirre R.K.* BMKG Stasiun Geofisika Kendari.
- Bustari, A. A., & Wibowo, N. B. (2023). Pemetaan sebaran nilai Vs30, faktor amplifikasi tanah, dan peak ground acceleration wilayah Bantul Timur. *Cakrawala Jurnal Ilmiah Bidang Sains*, 1(2), 73–80. <https://doi.org/10.28989/cakrawala.v1i2.1436>
- Chasanah, U., & Handoyo, E. (2021). *Analisis Tingkat Kegempaan Wilayah Jawa Timur Berbasis Distribusi Spasial dan Temporal Magnitude of Completeness (Mc), a-value dan b-value*. 11(2), 210–222.
- Campbell, K. W., (1981). *Near-Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration*. Bulletin of Seismological Society of America, 71, 2039-2070.
- Chang, T., Cotton, F., & Angelier, J. (2001). *Seismic Attenuation and Peak Ground Acceleration in Taiwan*. Bulletin of Seismological Society of America, 91, 1229-1246.
- Chasanah, U., Madlazim, & Tjipto, P. (2013). *Analisis Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Wilayah Sumatera Barat Pada Periode 1961-2010*. *Jurnal Fisika*, 2, 1–6. <http://www.iris.edu/SeismiQuery/sq-events.htm>
- Donovan, N. C., (1973). A Statistical Evaluation of Strong Motion Data Including The February 9, 1971 San Fernando Earthquake. *Proceedings of Fifth World Conference on Earthquake Engineering*, 1(1), 125.
- Edwiza, D., & Novita, S. (2008). Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai. *Jurnal Teknik Unand*, 2(29), 111–118. https://www.academia.edu/download/36016076/PEMETAAN_PCEPATAN_TANAH_DAN_INTENSITAS_SEISMIK.pdf
- Gutenberg, B., & Richter, C. (1942). *Earthquake Magnitude, Intensity, Energy, and Acceleration*. Bulletin of the Seismological Society of America, 32, 163-191.
- Gutenberg, B., & Richter, C. (1944). *Frequency of earthquakes in California*. *BULLETIN OF THE SEISMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA*, 34, 185–188. <https://doi.org/10.1038/156371a0>
- Ilham, Safani, J., & Irawati. (2019). *Analisis Periode Ulang Gempabumi Dan Parameter Fraktal Dari Data Gempabumi Kurun Waktu 1960 – 2014 Di Provinsi Sulawesi Tenggara 1*. 8–15.
- Liu, K., & Tsai, Y. (2005). Attenuation Relationship of Peak Ground Acceleration and Velocity for Crustal Earthquakes in Taiwan. *Bulletin of the*

- Seismological Society of America, 95, 1045-1058.
- McGuire. R. K., (1977). *Seismic Design Spectra and Mapping Procedures Using Hazard Analysis Based Directly on Oscillator Response*. Earthquake Engineering and Struktural Dynamics, 5, 211-234.
- Nava, F. A., Márquez-Ramírez, V. H., Zúñiga, F. R., Ávila-Barrientos, L., & Quinteros, C. B. (2016). Gutenberg-Richter b-value maximum likelihood estimation and sample size. *Journal of Seismology*, 21(1), 127–135.
<https://doi.org/10.1007/s10950-016-9589-1>
- Pawirodikromo, W. (2012). *SEISMOLOGI TEKNIK & REKAYA LINGKUNGAN*. Pustaka Pelajar.
- Ratih, A. D., Harimei, B., & Syamsuddin. (2015). *Analisis Seismisitas Dan Periode Ulang Gempa Bumi Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan B-Value Metode Least Square*.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2014). Katalog Gempabumi Merusak Di Indonesia Tahun 1612 - 2014.
- Surono. (2013). *GEOLOGI LENGAN TENGGARA SULAWESI* (Vol. 21, Issue 1). <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Wibowo, N. B., & Sembari, J. N. (2017). Analisis Seismisitas dan Energi Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Yogyakarta. *Indonesin Journal of Applied Physics*, 6(2), 82–90.