

Studi Bahaya Seismik dengan Metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) di Nusa Tenggara Barat Menggunakan Data Gempa Tahun 1900 - 2023

Nadya Rezky Ananda¹, Dwi Pujiastuti^{1*}

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 13 Juni 2024
Direvisi: 20 Juli 2024
Diterima: 30 Agustus 2024

Kata kunci:

Bahaya seismik
Nusa Tenggara Barat
PGA
PSHA

Keywords:

Seismic hazard
West Nusa Tenggara
PGA
PSHA

Penulis Korespondensi:

Dwi Pujiastuti
Email: dwipujiastuti@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai bahaya gempa bumi di Nusa Tenggara Barat menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Data gempa dari tahun 1900-2023 diperoleh dari katalog *United States Geological Survey* (USGS). PSHA menggunakan parameter gempa yang menghasilkan percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA). Nilai PGA dihitung menggunakan fungsi atenuasi berdasarkan sumber gempa. Hasil analisis menunjukkan bahwa untuk Nusa Tenggara Barat, PGA maksimum adalah 0,65 g dengan probabilitas kejadian ulang 10% dalam 50 tahun dan 0,71 g dengan probabilitas kejadian ulang 2% dalam 50 tahun. Wilayah dengan risiko gempa tinggi dengan probabilitas kejadian ulang 2% dan 10% dalam 50 tahun secara berturut-turut adalah Sumbawa dengan rentang PGA 0,26-0,68 g dan 0,18-0,26 g serta Lombok dengan rentang PGA 0,26-0,47 g dan 0,26-0,42 g. Wilayah dengan risiko gempa terendah hingga sedang dengan probabilitas kejadian ulang 2% dan 10% dalam 50 tahun secara berturut-turut adalah Bima dengan PGA 0,37 g dan 0,26 g, Badjo dengan rentang PGA 0,37-0,47 g dan 0,26 g, serta Kore dengan rentang PGA 0,26-0,37 g dan 0,18-0,26 g. Berdasarkan nilai PGA yang diperoleh, maka Sumbawa merupakan daerah yang memiliki tingkat resiko gempa terbesar dikarenakan letaknya dekat dengan zona subduksi.

Research has been conducted on earthquake hazard in West Nusa Tenggara using the Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) method. Earthquake data from 1900-2023 were obtained from the United States Geological Survey (USGS) catalog. PSHA uses earthquake parameters that produce maximum ground acceleration (PGA). The PGA value is calculated using an attenuation function based on the earthquake source. The results of the analysis show that for West Nusa Tenggara, the maximum PGA is 0,65 g with a 10% return event probability in 50 years and 0,71 g with a 2% return event probability in 50 years. Areas with high earthquake risk with 2% and 10% return event probability in 50 years are Sumbawa with PGA ranges of 0,26-0,68 g and 0,18-0,26 g and Lombok with PGA ranges of 0,26-0,47 g and 0,26-0,42 g, respectively. Areas with the lowest to moderate earthquake risk with a probability of re-occurrence of 2% and 10% in 50 years are Bima with a PGA of 0,37 g and 0,26 g, Badjo with a PGA range of 0,37-0,47 g and 0,26 g, and Kore with a PGA range of 0,26-0,37 g and 0,18-0,26 g, respectively. Based on the PGA values obtained, Sumbawa is an area that has the greatest level of earthquake risk due to its location close to the subduction zone.

Copyright © 2024 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia berada di daerah yang rawan gempa bumi tektonik yang disebabkan oleh letak geografis yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama yang berbeda jenis, yaitu Lempeng Eurasia (lempeng benua), Lempeng Hindia-Australia (lempeng samudera), dan Lempeng Pasifik (lempeng samudera). Pertemuan antara lempeng-lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya zona subduksi. Nusa Tenggara Barat (NTB) merupakan salah satu wilayah yang rentan gempa bumi karena terletak di pinggir Lempeng Indo-Australia. Letaknya di sepanjang batas lempeng ini menyebabkan kompleksitas tektonik dengan adanya subduksi di selatan dan timur, terjadinya Palung Sumbawa, dan adanya Zona Sesar Flores (Hidayati *dkk.*, 2018). Kombinasi faktor ini membuat NTB rentan terhadap bencana tektonik seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi yang memerlukan pemahaman dan mitigasi risiko yang baik.

Gempa bumi adalah suatu kejadian ketika bumi mengalami getaran akibat pergerakan mendadak pada lapisan batuan kulit bumi yang disebabkan oleh pergerakan tiba-tiba dari lempeng-lempeng tektonik (Supartoyo *dkk.*, 2014). Beberapa gempa bumi yang tercatat terjadi di NTB antara lain gempa bumi pada 29 Juli 2018 di Lombok dengan magnitudo 6,4, gempa bumi pada 5 Agustus 2018 di Lombok dengan magnitudo 7,0, dan gempa bumi pada 19 Agustus 2018 di Lombok dengan magnitudo 6,8. Ketiga gempa bumi tersebut disebabkan oleh aktivitas sesar naik di bagian utara Pulau Lombok yang merupakan hasil dari Zona Patahan Naik Busur Belakang Flores (ESDM, 2018).

Meminimalisasi ancaman bahaya akibat gempa bumi, diperlukan upaya mitigasi bencana melalui analisis risiko seismik atau gempa bumi, sehingga dapat menghasilkan percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration/PGA*). PGA adalah parameter yang mengukur intensitas getaran tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi dan digunakan untuk menentukan wilayah yang berisiko tinggi terhadap gempa bumi. Mengetahui nilai PGA dapat diperkirakan seberapa kuat gempa yang mungkin terjadi dan dampaknya pada bangunan serta infrastruktur. Informasi ini sangat penting untuk perencanaan dan mitigasi bencana di masa mendatang (Azmiyati, 2021). Terdapat dua metode utama dalam melakukan analisis risiko seismik atau gempa bumi, yaitu metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) dan metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*). Metode DSHA menentukan skenario gempa bumi yang akan terjadi secara spesifik, meliputi kekuatan gempa dengan magnitudo tertentu yang akan terjadi di lokasi tertentu. Sedangkan metode PSHA menggunakan fungsi distribusi probabilitas yang memperhitungkan faktor-faktor ketidakpastian seperti ukuran, lokasi, dan waktu kejadian gempa. Metode PSHA lebih sering digunakan karena memberikan kerangka kerja yang terarah untuk mengidentifikasi, memperkirakan, dan menggabungkan faktor-faktor ketidakpastian, sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai tingkat bahaya gempa bumi.

Penelitian sebelumnya menekankan pentingnya analisis risiko seismik di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB). Kurniawan *dkk.* (2019) telah melakukan penelitian mengenai bahaya seismik untuk menentukan PGA dan mengukur sejauh mana efek sumber gempa terhadap Pulau Lombok menggunakan metode PSHA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pulau Lombok memiliki kerentanan seismik yang cukup tinggi dengan dua sumber gempa utama, yaitu *Flores Back-arc Thrust* dan subduksi Lempeng Indo-Australia. Wilayah Lombok bagian tengah dinilai relatif aman dari bahaya seismisitas, sedangkan bagian selatan dan utara memiliki kontribusi terbesar terhadap persebaran nilai PGA dan memiliki bahaya seismisitas yang tinggi. Selanjutnya, Bunaga dan Taruna (2021) menganalisis distribusi spasial nilai b di NTB menggunakan katalog ISC, USGS, dan BMKG yang menunjukkan distribusi nilai b antara 0,3 hingga 0,8 dengan tingkat *stress* yang lebih tinggi pada wilayah dengan nilai b rendah. *Zona Back-arc Thrust* di utara Lombok, zona subduksi di selatan Pulau Lombok dan Sumbawa Barat, serta sebelah timur Sesar Teluk Panas memiliki potensi kejadian gempa yang relatif besar. Azmiyati (2021) juga meneliti nilai percepatan tanah maksimum menggunakan metode PSHA di wilayah Nusa Tenggara pada periode 1973-2011. Hasilnya menunjukkan bahwa daerah Pulau Sumbawa, Sumba, Timor, Flores, dan Kupang memiliki tingkat bahaya gempa yang tinggi dengan nilai PGA antara 0,25 hingga 0,50 g sementara daerah Pulau Bali dan Lombok bagian selatan memiliki tingkat bahaya gempa lebih rendah dengan nilai PGA antara 0,1 hingga 0,25 g.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dilakukan penelitian tambahan untuk mengevaluasi dampak dan tingkat bahaya gempa di Nusa Tenggara Barat dengan cakupan data gempa yang lebih luas yaitu dari tahun 1900 hingga 2023. Metode PSHA yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada deagregasi hazard yang bertujuan untuk mengatasi keterbatasan dalam identifikasi lokasi gempa dengan

risiko tertinggi. Oleh karena pendekatan ini, penelitian dapat lebih spesifik dalam menentukan potensi hazard di wilayah Nusa Tenggara Barat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai risiko gempa dan mendukung upaya mitigasi serta penanganan bencana yang lebih efektif.

II. METODE

Pengumpulan data dilakukan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari katalog USGS mulai 1 Januari 1900 hingga 31 Desember 2023 di wilayah Nusa Tenggara Barat dengan batas koordinat 5,739' LS – 13,005' LU dan 112,639' BT – 125,618' BT. Data yang diperoleh mencakup 1679 *event* gempa dengan informasi *latitude*, *longitude*, waktu, tanggal, kedalaman, magnitudo, wilayah, dan status gempa.

Langkah pertama, data yang diperoleh dipisahkan berdasarkan besar magnitudonya menjadi tiga kelompok: M_w 5,0-6,0 ; M_w 6,1-7,0 dan M_w 7,1-8,3. Data gempa bumi diperoleh dengan berbagai skala magnitudo seperti M_b dan M_s , sehingga perlu dikonversi ke magnitudo momen (M_w) agar seragam. Penelitian ini menggunakan konversi yang dibuat oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PusGen) tahun 2017, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Konversi magnitudo (PusGen, 2017)

Konversi	Range Data
$M_w = 0,6016 M_s + 2,476$	$2,8 \leq M_s \leq 6,1$
$M_w = 0,9239 M_s + 0,5671$	$6,2 \leq M_s \leq 8,7$
$M_w = 1,0107 M_b + 0,0801$	$3,2 \leq M_b \leq 8,2$

Proses *declustering* dilakukan untuk memisahkan gempa utama (*mainshock*) dari gempa rintisan (*foreshock*) dan gempa susulan (*aftershock*). Gempa rintisan dan gempa susulan dihilangkan dengan mempertimbangkan perbedaan magnitudo, selisih waktu kejadian, serta perbedaan lokasi dan koordinat. Proses ini dibantu dengan software ZMAP 6.0 menggunakan kriteria empiris yang diusulkan oleh *Gutenberg-Richter*. Parameter *a* dan *b value* digunakan dalam distribusi gempa bumi untuk memprediksi nilai maksimum gempa dari sumber gempa. Perhitungan parameter ini dilakukan dengan mengambil data gempa historis di daerah sumber gempa menggunakan *software ZMAP* dengan metode *maximum likelihood*.

Langkah kedua adalah melakukan analisis bahaya seismik menggunakan teori probabilitas total yang merupakan pendekatan komprehensif untuk mengevaluasi potensi dampak gempa bumi di suatu wilayah. Proses analisis ini memanfaatkan *software Ez-Frisk* untuk memodelkan dan menganalisis berbagai parameter seismik dengan akurasi tinggi. Hasil akhir analisis ini adalah nilai percepatan spektra (*spectral acceleration*) pada berbagai periode waktu, yaitu $T = 0$ detik (PGA), $T = 0,2$ detik, dan $T = 1$ detik. Nilai-nilai ini dihitung dengan mempertimbangkan dua tingkat probabilitas terlampaui dalam periode 50 tahun, yaitu 10% dan 2%.

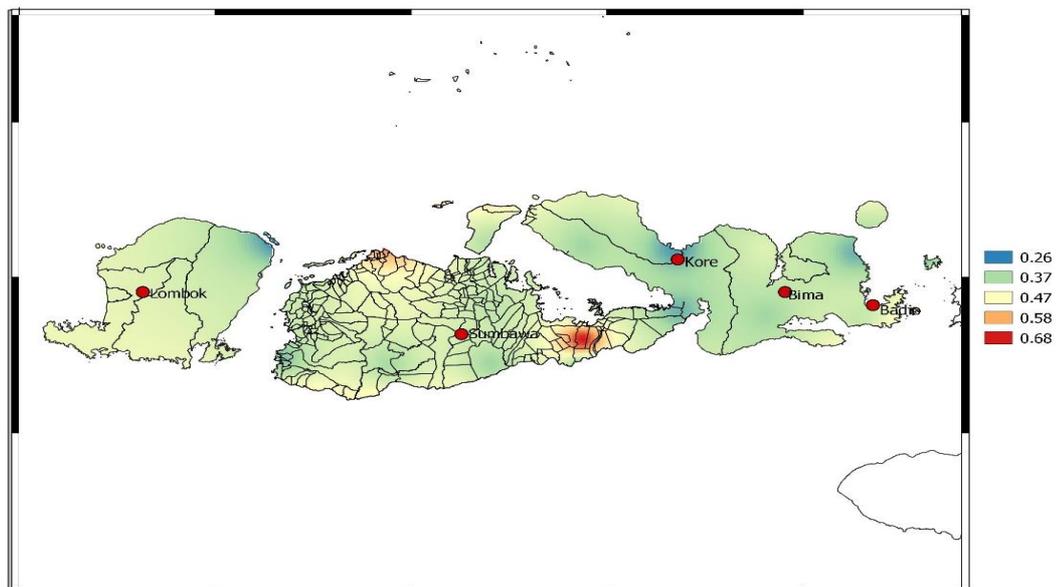
Langkah ketiga adalah membuat peta distribusi percepatan gerakan tanah maksimum (PGA) yang dimodelkan menggunakan perangkat lunak *QGIS3*. Proses pemodelan dimulai dengan mengumpulkan data *spectral acceleration* yang kemudian dikonversi menjadi format.csv untuk diimpor ke dalam *QGIS3*. *Shapefile* digunakan untuk memetakan lokasi-lokasi stasiun seismik, dan fitur *IDW (Inverse Distance Weighting) Interpolation* digunakan untuk interpolasi data. Teknik interpolasi ini berguna dalam memperkirakan distribusi PGA karena dapat mempertimbangkan variasi spasial dari data gempa bumi. Oleh karena itu, menggunakan langkah-langkah ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait risiko gempa di wilayah Nusa Tenggara Barat untuk mendukung upaya mitigasi dan penanganan bencana.

III. HASIL DAN DISKUSI

Setelah dilakukan proses *declustering* untuk memisahkan gempa utama dari gempa rintisan dan susulan menggunakan software ZMAP 6.0 didapatkan data gempa yang lebih akurat dalam merepresentasikan aktivitas seismik utama di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB). Berdasarkan hasil analisis, nilai *a value* untuk wilayah NTB adalah 8,03 yang menunjukkan tingkat keaktifan kegempaan yang tinggi. Nilai ini mengindikasikan bahwa NTB merupakan wilayah dengan frekuensi kejadian

gempa yang signifikan, mencerminkan jumlah total gempa bumi yang tinggi. Semakin besar *a value* maka semakin tinggi tingkat keaktifan kegempaan di wilayah tersebut (Daswita, Pujiastuti dan Anggono, 2023). Nilai *b value* yang diperoleh adalah 0,975 mendekati angka 1. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar gempa di wilayah tersebut berkisar pada magnitudo kecil hingga sedang. Dari sudut pandang seismologi, *b value* bertindak sebagai indikator tingkat *stress* di wilayah tersebut. Nilai *b* yang lebih tinggi menunjukkan tingkat *stress* yang rendah biasanya terjadi setelah pelepasan energi besar dalam bentuk gempa besar. Sebaliknya, nilai *b* yang rendah mengindikasikan tingkat *stress* yang tinggi, di mana energi yang terkumpul dalam batuan kemungkinan akan dilepaskan dalam bentuk gempa besar (Aslamia dan Supardi, 2022).

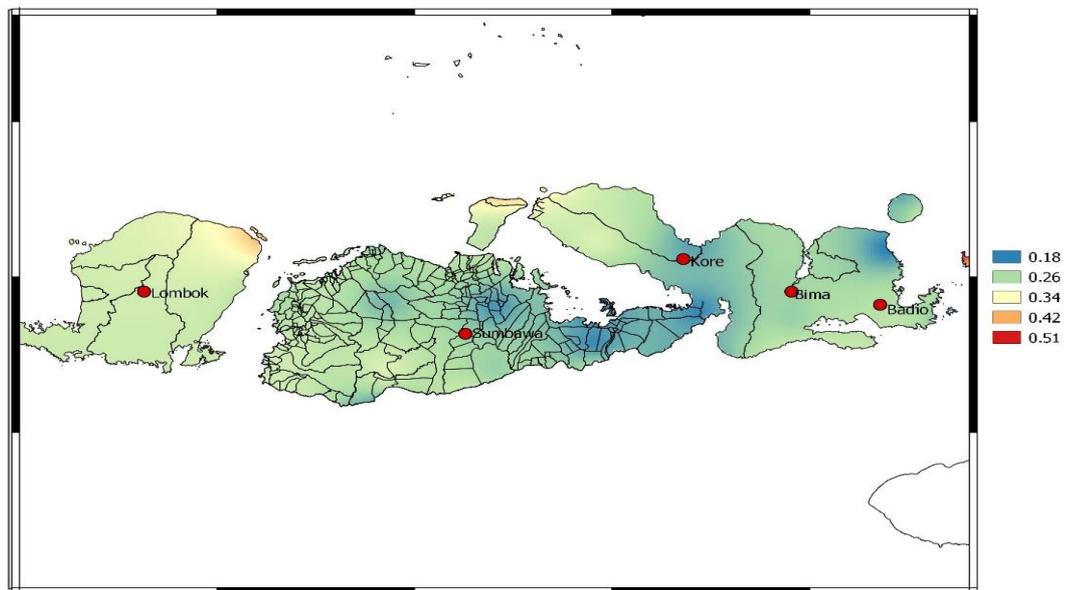
Selanjutnya, analisis bahaya seismik di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) dilakukan menggunakan teori probabilitas total dengan bantuan software Ez-Frisk untuk menghasilkan nilai PGA. Nilai PGA merupakan salah satu parameter kunci dalam analisis risiko seismik dan desain struktur bangunan tahan gempa. Analisis percepatan batuan dasar (PGA) yang diperoleh pada tiga periode waktu berbeda dengan probabilitas terlampauinya 2% dan 10% dalam periode ulang gempa 50 tahun memberikan gambaran risiko seismik di wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB). Hasil penelitian menunjukkan variasi nilai PGA di NTB antara 0,26-0,68 g untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Wilayah dengan nilai PGA tertinggi adalah Kabupaten Sumbawa berkisar 0,26-0,48 g dan Pulau Lombok berkisar 0,26-0,47 g. Nilai PGA yang tinggi di wilayah ini menunjukkan potensi risiko guncangan yang lebih kuat saat terjadi gempa. Wilayah dengan nilai PGA tinggi akan mengalami guncangan yang lebih kuat dibandingkan daerah dengan nilai PGA rendah, mengindikasikan kebutuhan akan infrastruktur yang lebih tahan gempa di wilayah-wilayah tersebut. Selain itu PGA tinggi menunjukkan daerah tersebut berada dekat dengan titik episenter gempa bumi (Azmiyati, 2021). Wilayah dengan nilai PGA rendah hingga sedang adalah Kore berkisar 0,26-0,68 g, Bima dengan 0,37 g dan Badjo berkisar 0,37-0,47 g.



Gambar 1 Peta PGA untuk probabilitas 2% PE 50 tahun

Berdasarkan analisis jarak antara episenter gempa bumi berkekuatan M_w 8.3 dengan beberapa wilayah di Nusa Tenggara Barat (NTB), Kabupaten Sumbawa merupakan wilayah yang paling dekat dengan episenter dengan jarak 18,89 km. Sebagai perbandingan, Pulau Lombok memiliki jarak 25,74 km dari episenter. Kedekatan ini menjadi faktor utama yang menyebabkan Kabupaten Sumbawa memiliki nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) tertinggi dibandingkan wilayah lain di NTB. Jarak yang lebih dekat ke episenter meningkatkan risiko guncangan kuat saat terjadi gempa karena energi yang dilepaskan dari pusat gempa lebih cepat dan intensif dirasakan di wilayah sekitar. Selain itu, kedekatan Kabupaten Sumbawa dengan zona subduksi di selatan NTB di mana gempa besar sering terjadi, semakin memperkuat kerentanan wilayah ini terhadap guncangan kuat dan bencana gempa bumi di masa mendatang.

Nilai PGA dengan probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun yang diperoleh pada penelitian tersebut berkisar antara 0,18 - 0,51 g yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Pada probabilitas ini, nilai PGA tertinggi terdapat di Pulau Lombok berkisar 0,26 - 0,42 g. Hal ini menunjukkan bahwa gempa bumi dengan intensitas sedang hingga kuat lebih mungkin terjadi dalam jangka waktu yang lebih pendek. Wilayah dengan nilai PGA rendah hingga sedang adalah Sumbawa berkisar 0,18-0,26 g, Kore berkisar 0,18-0,26 g, Bima dengan 0,26 g dan Badjo dengan 0,26 g.



Gambar 2 Peta PGA untuk probabilitas 10% PE 50 tahun

Berdasarkan Tabel 2 yang menunjukkan klasifikasi bahaya gempa bumi BNPB No.2 Tahun 2012, Provinsi NTB termasuk dalam klasifikasi sedang dengan besaran $0,25 < PGA < 0,70$ probabilitas terlampaui 2% dan 10% menunjukkan adanya perbedaan risiko dan karakteristik seismik dari kedua wilayah tersebut. Sumbawa yang memiliki nilai PGA 2% tertinggi menunjukkan bahwa meskipun gempa bumi sangat kuat jarang terjadi, wilayah ini berpotensi mengalami gempa bumi yang sangat merusak ketika gempa besar tersebut terjadi. Pernyataan tersebut terbukti dalam persebaran gempa yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1, dimana Sumbawa jarang mengalami gempa bumi yang sangat kuat, tetapi sering mengalami gempa ringan hingga sedang. Oleh karena itu, Sumbawa memiliki risiko seismik yang lebih besar dibandingkan daerah lainnya.

Tabel 2. Klasifikasi bahaya gempa bumi (BNPB, 2012)

Bencana	Tingkat Risiko		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Gempa bumi	$PGA < 0,2501$	$0,2501 < PGA < 0,70$	$PGA > 0,70$

Pulau Lombok yang memiliki nilai PGA 10% tertinggi menunjukkan bahwa gempa bumi dengan intensitas sedang hingga kuat lebih mungkin terjadi dalam jangka waktu yang lebih pendek. Hal tersebut mengindikasikan bahwa Lombok sering mengalami gempa bumi dengan intensitas yang cukup signifikan tetapi tidak sesering yang terjadi di Sumbawa. Pernyataan ini terbukti dari seringnya gempa bumi dengan skala magnitudo besar lebih sering terjadi di Pulau Lombok.

Deagregasi hazard bertujuan untuk mengidentifikasi sumber gempa yang memberikan kontribusi terbesar terhadap risiko seismik di suatu wilayah (Asrurifak *dkk.*, 2012). Hasil deagregasi pada menunjukkan bahwa Sumbawa dan Lombok adalah wilayah dengan potensi risiko gempa tertinggi di NTB. Wilayah-wilayah ini merupakan bagian dari sistem sesar belakang busur aktif yang dapat menghasilkan gempa dengan magnitudo signifikan. Nilai deagregasi yang tinggi di Sumbawa mengindikasikan bahwa wilayah ini lebih rawan terhadap bencana gempa bumi dibandingkan daerah lainnya di NTB.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Nusa Tenggara Barat (NTB) memiliki risiko seismik yang signifikan dengan *a value* yang tinggi (8,03) dan *b value* yang mendekati 1 (0,975) mengindikasikan tingkat keaktifan kegempaan yang tinggi serta frekuensi kejadian gempa pada magnitudo kecil hingga sedang. NTB menunjukkan bahwa nilai percepatan batuan dasar (PGA) di Nusa Tenggara Barat (NTB) berkisar antara 0,26-0,68 g untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun, dengan Kabupaten Sumbawa dan Pulau Lombok memiliki nilai tertinggi. Wilayah dengan risiko gempa tinggi dengan probabilitas kejadian ulang 2% dan 10% dalam 50 tahun adalah Sumbawa dengan PGA 0,26-0,68 g dan Lombok dengan PGA 0,26-0,47 g. Nilai PGA yang tinggi di wilayah ini menunjukkan potensi risiko guncangan yang lebih kuat saat terjadi gempa, sehingga memerlukan infrastruktur yang lebih tahan gempa. Hasil deagregasi hazard mengidentifikasi Sumbawa dan Lombok sebagai wilayah dengan potensi risiko gempa tertinggi, mendukung perlunya upaya mitigasi yang lebih intensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aslamia, H. dan 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), hal. 14–27. Tersedia pada: <https://doi.org/10.34312/jpj.v4i1.13815>.
- Asrurifak, M. dkk. (2012) "Peta Deagregasi Hazard Gempa Indonesia Untuk Periode Ulang Gempa 2475 Tahun," in *Pertemuan Ilmiah Tahunan - XVI HATTI*. Jakarta, hal. 1–10.
- Azmiyati, U. (2021) "Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Akibat Gempabumi Di Wilayah Nusa Tenggara Dengan Metode Probablistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)," *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan*, 5(1), hal. 331–339.
- BNPB (2012) *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 02 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*, Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta.
- Bunaga, I.G.K.S. dan Taruna, M.R. (2021) "Studi Seismotektonik Nusa Tenggara Barat Menggunakan Data Gempa Tahun 1922-2021," *Agregat*, 6(2), hal. 1–4.
- Daswita, A., Pujiastuti, D. dan Anggono, T. (2023) "Studi Bahaya Seismik dengan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis di Sumatera Barat," *Jurnal Fisika Unand*, 12(3), hal. 445–451.
- Hidayati, N. dkk. (2018) "Ulasan Guncangan Tanah Akibat Gempa Bumi Lombok Timur 29 Juli 2018," *Badan Metalurgi, Klimatologi dan Geofisika*, hal. 1–19.
- Kurniawan, S., Warnana, D.D. dan Gya Nur Rochman, J.P. (2019) "Pemetaan Kerawanan Bencana Gempa Bumi Dengan Metode Psha Periode Ulang 2500 Tahun Studi Kasus Pulau Lombok – Nusa Tenggara Barat," *Jurnal Geosaintek*, 5(3), hal. 109–112.
- PusGen (2017) *Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Supartoyo, Surono dan Putranto, E.T. (2014) *Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612-2014*. Bandung: Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi.