

Penentuan Premi Asuransi Gempa Berdasarkan *Declustering* Katalog Jawa Barat

Raisa Filmi Suryahadikusumah, Sutawanir Darwis*

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 27/09/2024
Revised : 31/12/2024
Published : 31/12/2024



Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4
No. : 2
Halaman : 127 - 136
Terbitan : **Desember 2024**

Terakreditasi Sinta [Peringkat 4](#)
berdasarkan Ristekdikti
No. 177/E/KPT/2024

ABSTRAK

Indonesia termasuk kedalam wilayah rawan terjadi bencana alam khususnya gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan premi asuransi gempa berdasarkan proses *declustering* katalog gempa wilayah Kabupaten Cianjur Jawa Barat. Bahaya kegempaan pada penelitian ini dihitung dengan dua metode yaitu *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) yang hanya mempertimbangkan gempa utama, dan *Sequence Based-PSHA* (SPSHA) yang mempertimbangkan kombinasi gempa utama dan gempa susulan. Hasil *Probability of Exceedance* (POE) dari kedua metode ini kemudian digunakan sebagai dasar perhitungan bahaya kegempaan untuk premi asuransi gempa. Melalui *declustering* Gardner & Knopoff (1974) diperoleh hasil 11 cluster rangkaian gempa dimana setiap rangkaian gempa memiliki 1 gempa utama. Dengan menggunakan 1 cluster rangkaian gempa yang terdiri dari 1 gempa utama dan 74 gempa susulan diperoleh hasil bahwa metode SPSHA yang mempertimbangkan kombinasi gempa utama dan gempa susulan dapat menghasilkan nilai POE yang lebih tinggi daripada metode PSHA yang hanya mempertimbangkan gempa utama. Sehingga, tarif premi yang dihasilkan dari pemodelan bahaya kegempaan SPSHA lebih tinggi daripada tarif premi yang dihasilkan dari pemodelan bahaya kegempaan PSHA.

Kata Kunci : Declusteirng; Premi Asuransi Gempa; Sequence-based PSHA (SPSHA).

ABSTRACT

Indonesia is considered as an area which is prone to natural disasters, especially earthquakes. This study aims to determine the earthquake insurance premium based on the declustering process of the earthquake catalog in the Cianjur Regency, West Java. The seismic hazard in this study is calculated by two methods, namely Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) which only considers the main earthquake, and Sequence Based-PSHA (SPSHA) which considers a combination of main earthquakes and aftershocks. The Probability of Exceedance (POE) results from these two methods are then used as the basis for seismic hazard calculations for earthquake insurance premiums. Through Gardner & Knopoff (1974) declustering, 11 clusters of earthquake sequences of were obtained, where each earthquake sequence has 1 main earthquake. By using 1 cluster of earthquake sequences consisting of 1 main earthquake and 74 aftershocks, it was found that the SPSHA method that considers a combination of main and aftershocks can produce a higher POE value than the PSHA method that only considers main earthquakes. Thus, the premium rate resulting from the SPSHA seismic hazard modeling is higher than the premium rate resulting from the PSHA seismic hazard modeling.

Keywords : Declusteirng; Earthquake Insurance; Sequence-based PSHA (SPSHA).

Copyright© 2024 The Author(s)..

A. Pendahuluan

Indonesia menjadi salah satu wilayah negara yang rawan mengalami kejadian bencana alam. Kondisi rawan bencana alam di wilayah Indonesia disebabkan oleh kondisi geologis Indonesia yang terletak di antara zona subduksi atau pertemuan tiga lempeng tektonik dunia. Ditinjau dari kondisi topografi banyaknya gunung berapi, berkontur pegunungan, serta bentuk berupa negara kepulauan mempengaruhi sering terjadinya bencana alam di Indonesia seperti gunung meletus, gempa bumi, tsunami, dan longsor. Setiawan [1] pada penelitiannya menjelaskan bahwa secara umum pada tahun 2017 – 2022 Indonesia memiliki 6 klaster wilayah yang rentan bencana gempa bumi atau pergerakan tanah yaitu wilayah bagian Barat Sumatera hingga Lampung, Selatan Pulau Jawa hingga Bali, Nusa Tenggara, Maluku serta Maluku Utara, Sulawesi Tengah hingga Utara, dan bagian Utara Papua.

Gempa bumi menjadi salah satu bencana alam yang membahayakan manusia karena dapat mengakibatkan berbagai kerugian seperti korban luka-luka hingga korban jiwa, kerugian dari kehilangan harta benda, dan kerusakan bangunan [2]. Kejadian gempa bumi dapat terjadi kapanpun dan dimanapun, ketidakpastian kejadian gempa bumi membuat adanya ancaman risiko kerugian gempa bumi. Asuransi gempa bumi dapat menjadi salah satu upaya preventif dalam menghadapi ancaman risiko kerugian akibat gempa bumi. Asuransi gempa bumi bertujuan memberikan jaminan penggantian biaya dari kerugian dan kerusakan akibat gempa bumi bagi pemegang polisnya [3]. Jaminan penggantian biaya tersebut sebagai imbalan dari premi yang dibayarkan pemegang polis kepada perusahaan asuransi [4] [5].

Bahaya kegempaan dapat dianalisis melalui suatu metode yaitu Seismic Hazard analysis atau analisis bahaya seismik. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) sebagai salah satu teknik analisis kegempaan bertujuan menggabungkan dan memperhitungkan ketidakpastian tersebut untuk menghasilkan informasi terkait distribusi guncangan gempa yang mungkin terjadi di masa depan [6]. Pada prosesnya, PSHA hanya mempertimbangkan guncangan gempa utama (*mainshock*) dalam mengestimasi laju tahunan dari intensitas gerakan tanah. Yeo & Cornell [7] dalam penelitiannya mengestimasi kemungkinan intensitas gerakan tanah berdasarkan gempa susulan yang terjadi setelah gempa utama melalui metode *Aftershock Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (APSHA) [8][9]. Iervolino [10] menggabungkan metode PSHA dan APSHA untuk memasukkan efek gempa bumi susulan ke dalam PSHA dengan menggunakan katalog yang telah dideclustering melalui metode Sequence-Based PSHA (SPSHA).

Declustering merupakan proses pemisahan gempa utama dari gempa susulan dan gempa pendahuluan pada suatu katalog gempa [11]. *Declustering* penting dilakukan dalam studi bahaya seismik untuk memperoleh data yang lebih akurat dan relevan dalam analisis bahaya seismik. Gardner-Knopoff (1974), Gruenthal (1985), dan Uhrhammer (1991) telah mengembangkan perhitungan matematis proses declustering berdasarkan jendela ruang dan waktu dimana pada perhitungannya gempa susulan dikategorikan berdasarkan batas ruang dan waktu tertentu yang diukur dari gempa utama.

B. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari website Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data katalog gempa bumi pada periode waktu 90 hari dimulai tanggal 21 November 2022 sampai 18 Februari 2023 dengan magnitudo minimum 2.5 M dan kedalaman 0-100 km di wilayah Kabupaten Cianjur Jawa Barat.

Declustering

Declustering merupakan proses pemisahan data gempa utama (*mainshock*) dari gempa awal (*foreshock*) atau gempa susulan (*aftershock*) berdasarkan kriteria waktu dan jarak. Algoritma *declustering* bertujuan untuk membagi katalog gempa bumi ke dalam beberapa *cluster* kejadian gempa yang saling bergantung dan memisahkan kejadian independen dari setiap *cluster*.

Salah satu metode *declustering* yang populer digunakan yaitu *declustering* menggunakan *window method* yang dibatasi oleh perhitungan jarak (*distance windows*) dan waktu (*time windows*). Persamaan untuk

menentukan batas jarak (Km) yaitu d dan waktu (hari) yaitu t dari suatu gempa (M) dapat dihitung melalui persamaan Gardner & Knopoff [12] sebagai berikut:

$$d = 10^{0.1238M+0.983} \tag{1}$$

$$t = \begin{cases} 10^{0.032M+2.7389}, & M \geq 6.5 \\ 10^{0.5409M-0.547}, & M < 6.5 \end{cases} \tag{2}$$

Analisis Bahaya Kegempaan

Pada penelitian ini akan dihitung probabilitas total pada model *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) yang menggabungkan ketidakpastian dalam ukuran gempa, jarak, dan intensitas tanah dari data gempa utama melalui persamaan *Probability of Exceedance* (POE) sebagai berikut:

$$P(PGA > x)_{PSHA} = \sum_{j=1}^{N_M} \sum_{k=1}^{N_R} P(PGA > x | m_j, r_k) P(M_E = m_j) P(R_E = r_k) \tag{3}$$

Dimana $P(PGA > x)_{PSHA}$ merupakan probabilitas kejadian dari pelampauan intensitas gerakan tanah $PGA > x$ dari model PSHA, $P(PGA > x | m_j, r_k)$ merupakan probabilitas bersyarat pelampauan PGA dari magnitudo dan jarak kejadian gempa utama. $P(M_E = m_j)$ dan $P(R_E = r_k)$ merupakan probabilitas distribusi magnitudo dan jarak hiposenter dari gempa utama (Baker et al., 2021).

Seismic Hazard

Berdasarkan kriteria PGA untuk setiap intensitasnya maka penentuan nilai *Seismic Hazard* untuk setiap intensitas dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SH (MMI = s) &= P(u < PGA < w) \\ &= P(PGA < w) - P(PGA < u) \\ &= [1 - P(PGA \geq w)] - [1 - P(PGA \geq u)] \end{aligned} \tag{4}$$

Dimana $SH (MMI = s)$ merupakan nilai *Seismic Hazard* dari skala MMI untuk $s = 1,2,3,\dots,8$. Nilai u dan w merupakan batas bawah dan batas atas rentang PGA pada skala MMI s . $P(PGA \geq w)$ dan $P(PGA \geq u)$ merupakan nilai *Probability of Exceedance* dari PGA w dan u [14].

Premi Asuransi Gempa Bumi

Pada penelitian ini digunakan nilai *Damage Probability Matrix* (DPM) dari kerusakan bangunan seluruh zona di wilayah turki karena keterbatasan data kerusakan bangunan yang ditimbulkan untuk setiap intensitas gempa di wilayah Kabupaten Cianjur Jawa Barat.

Persentase tarif asuransi dari biaya penggantian kerusakan bangunan dapat dihitung melalui perhitungan *Expected Annual Damage Ratio* (EADR) berikut [15]:

$$EADR_k = \sum_I MDR_k(I) \times SH_I \tag{5}$$

Total premi asuransi gempa bumi yang harus dibayar nasabah setiap tahun nya dihitung melalui *Total Insurance Premium* (TP_k) dengan rumus sebagai berikut [16]:

$$TP_k = \frac{PRP_k}{1-LF} = \frac{10}{6} \times PRP \tag{6}$$

Dalam Persamaan (2.6) TP_k adalah premi yang harus dibayarkan oleh pihak tertanggung, LF adalah *load factor* sebesar 0.4 yang ditetapkan oleh Gurpinar dan Yucemen (1980), PRP merupakan hasil perkalian EADR dengan nilai pertanggungan bangunan (INSV) yang ditentukan oleh peneliti.

C. Hasil dan Pembahasan

Declustering Katalog Gempa

Pada penelitian ini dilakukan pemisahan data gempa utama dan gempa susulan dari katalog gempa melalui proses *declustering* metode Gardner & Knopoff menggunakan *tools declustering* Zmap pada *software* Matlab. Berdasarkan data katalog gempa Cianjur, diperoleh *output* 11 gempa utama (*mainshock*), 59 gempa pendahuluan (*foreshock*), dan 80 gempa susulan (*aftershock*) yang terbagi kedalam 11 *cluster* rangkaian gempa dimana 1 gempa *mainshock* mewakili 1 *cluster* rangkaian gempa. Setiap *cluster* rangkaian gempa hasil *declustering* memiliki kriteria jarak dan waktu untuk gempa pendahulu dan gempa susulan nya berdasarkan persamaan Gardner & Knopoff sebagai berikut:

Tabel 4. Kriteria Jarak dan Waktu Setiap *Cluster*

<i>Cluster</i>	Tanggal	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>m</i>	<i>d (km)</i>	<i>t (hari)</i>
1	2022-11-21	107.01	-6.86	5.6	47	303
2	2022-12-4	108.25	-7.38	3.2	24	15
3	2022-12-11	106.98	-8.27	4.0	30	39
4	2022-12-14	106.73	-7.53	3.9	29	35
5	2022-12-15	109.05	-8.29	3.3	25	18
6	2023-1-2	107.30	-7.79	3.7	28	28
7	2023-1-2	107.90	-8.09	5.0	40	143
8	2023-1-5	107.62	-7.19	2.8	21	9
9	2023-1-25	105.86	-6.96	3.0	23	12
10	2023-2-1	107.75	-7.20	4.5	35	77
11	2023-2-18	109.03	-8.38	3.4	25	19

Pada penelitian ini hanya *cluster* 1 yang akan digunakan dalam penelitian dengan data sebagai berikut:

Tabel 5. Data *Cluster* 1 Hasil *Declustering*

No	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>	<i>m</i>	Kedalaman (h)	Keterangan
1	107.01	-6.86	5.6	11	<i>mainshock</i>
2	107.15	-6.84	2.6	10	<i>aftershock</i>
3	107.08	-6.85	3.0	10	<i>aftershock</i>
4	107.10	-6.80	2.7	10	<i>aftershock</i>
5	107.33	-6.82	3.3	10	<i>aftershock</i>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
71	107.34	-6.71	3.7	10	<i>aftershock</i>
72	107.06	-6.83	4.5	10	<i>aftershock</i>
73	107.30	-6.68	2.6	20	<i>aftershock</i>
74	107.31	-6.72	3.7	10	<i>aftershock</i>
75	107.11	-6.84	2.5	10	<i>aftershock</i>

Data lengkap: bit.ly/Hasil_Declustering_Katalog_Gempa

Hasil Perhitungan PSHA

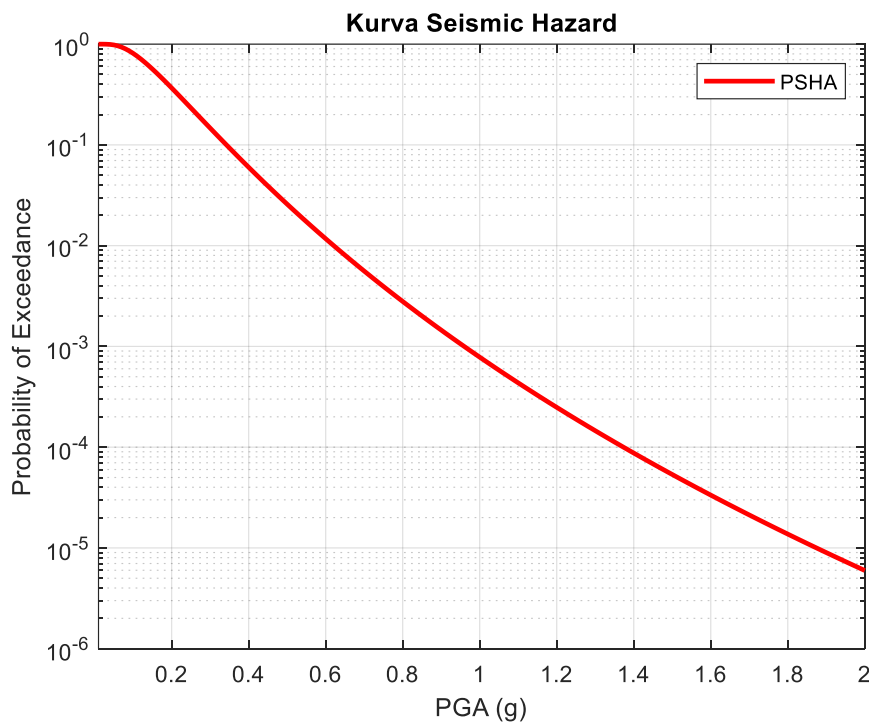
Pada perhitungan PSHA digunakan 1 data gempa utama dengan ukuran 5.6 magnitudo yang terjadi pada lokasi gempa dengan koordinat *longitude* dan *latitude* (107.01, -6.86). Kejadian gempa yang terjadi pada penelitian ini dicatat oleh akselerograf stasiun Reis Kadudampit (DSJR) dengan koordinat *longitude* dan *latitude* (106.4924, -6.846) sehingga diperoleh jarak hiposenter gempa utama sebesar 11.0003 km. Hasil perhitungan *Probability of Exceedance* (POE) PSHA disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Probability of Exceedance* PSHA

x	$P(PGA > x m, r)$	$P(M_E = m_j)$	$P(R_E = r_k)$	$P(PGA > x)_{PSHA}$
0.01	0.999999	1	1	0.999999
0.02	0.999892	1	1	0.999892
0.03	0.998602	1	1	0.998602
0.04	0.993514	1	1	0.993514
0.05	0.981827	1	1	0.981827
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1.96	7.01985×10^{-6}	1	1	7.01985×10^{-6}
1.97	6.73991×10^{-6}	1	1	6.73991×10^{-6}
1.98	6.47197×10^{-6}	1	1	6.47197×10^{-6}
1.99	6.21549×10^{-6}	1	1	6.21549×10^{-6}
2	5.96994×10^{-6}	1	1	5.96994×10^{-6}

Data lengkap: bit.ly/HasilPerhitunganPSHA

Berdasarkan Tabel 5. diperoleh hasil bahwa probabilitas terjadinya gempa dengan intensitas $PGA > 0.01g$ adalah 0.9999 yang mendekati nilai 1 sedangkan untuk probabilitas terjadinya gempa dengan intensitas $PGA > 2g$ adalah 5.96994×10^{-6} yang mendekati nilai 0. Perhitungan probabilitas kejadian pelampauan intensitas gerakan tanah PGA dari model PSHA dilakukan untuk level PGA 0.01g sampai 2g, maka dapat dihasilkan kurva bahaya gerakan tanah (*ground motion hazard curve*) dari nilai PGA terhadap *probability of exceedance* model PSHA sebagai berikut:



Gambar 1. Kurva *Seismic Hazard* Nilai PGA terhadap POE Model PSHA

Berdasarkan Gambar kurva PGA terhadap POE yang dihasilkan model PSHA menunjukkan bahwa jika nilai PGA semakin tinggi maka peluang terjadinya kejadian gempa bumi akan semakin rendah.

Hasil Perhitungan APSHA

Pada perhitungan PSHA digunakan 74 data gempa susulan pada *cluster* 1 hasil *declustering* data. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai parameter *a* dan *b* berdasarkan hukum Gutenberg-Ritcher serta parameter *c* dan *p* yang dihitung berdasarkan hukum Omori yang dimodifikasi.

Tabel 6. Parameter Kegempaan untuk Gempa Susulan

Parameter Kegempaan (<i>aftershock</i>)	
<i>b</i>	0.9777
<i>a</i>	4.6657
<i>c</i>	0.3
<i>p</i>	0.824
<i>m_{min}</i>	2.5

Berdasarkan nilai parameter kegempaan pada tabel di atas, diperoleh hasil rata-rata jumlah gempa susulan dalam periode waktu $\Delta T_A = 90$ hari yang dipicu gempa utama 5.6 magnitudo adalah $E[N_{A|m_E}(0, \Delta T_A)] = 29189634$ kejadian.

Selanjutnya, hasil perhitungan POE gempa susulan melalui model APSHA yang dihitung melalui rumus $P(PGA > x)_{APSHA} = \sum_{i=1}^{n_M} \sum_{l=1}^{n_R} P(PGA > x | m_i, r_l) P(M_A = m_i) P(R_A = r_l)$ disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan POE APSHA

<i>x</i>	$P(PGA > x)_{APSHA}$
0.01	0.0110
0.02	0.0040
0.03	0.0016
0.04	0.0007
⋮	⋮
1.97	3.88862×10^{-16}
1.98	3.65138×10^{-16}
1.99	3.42882×10^{-16}
2	3.22191×10^{-16}

Data lengkap: bit.ly/HasilPerhitunganAPSHA

Berdasarkan Tabel 7. diperoleh hasil bahwa probabilitas terjadinya gempa dengan intensitas $PGA > 0.01g$ adalah 0.011 sedangkan untuk probabilitas terjadinya gempa dengan intensitas $PGA > 2g$ adalah 3.22191×10^{-16} yang mendekati nilai 0.

Hasil Perhitungan SPSHA

Pada perhitungan SPSHA digunakan 1 data gempa utama (*mainshock*) dan 74 data gempa susulan (*aftershock*). Hasil perhitungan *Probability of Exceedance* (POE) model SPSHA disajikan pada tabel sebagai berikut:

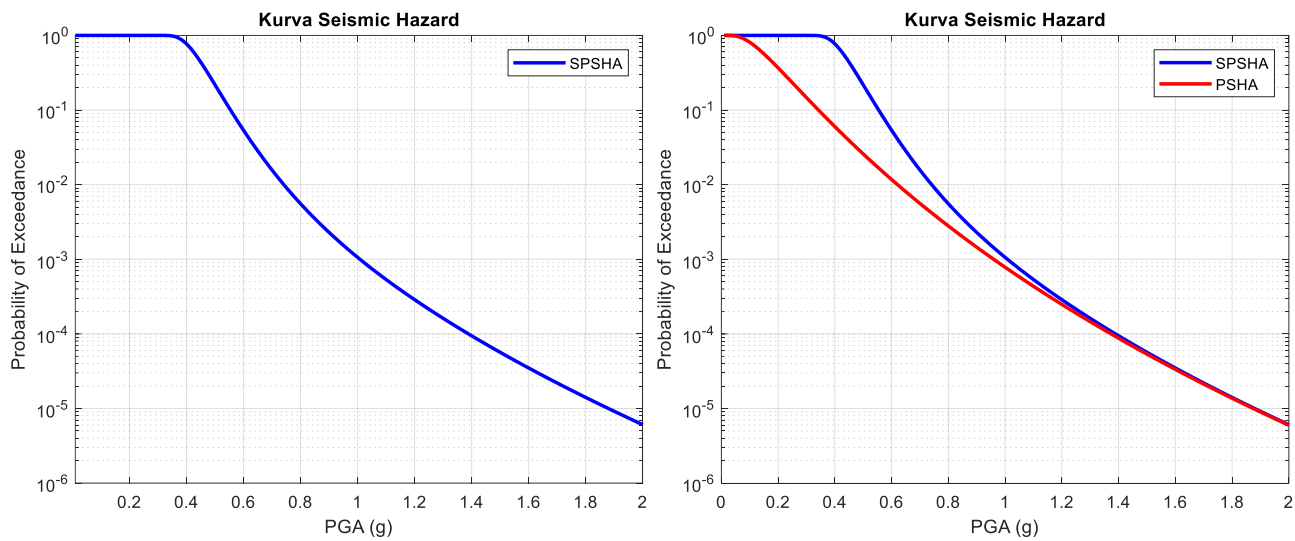
Tabel 8. Hasil Perhitungan *Probability of Exceedance* PSHA

<i>x</i>	$P(PGA > x)_{SPSHA}$
0.01	1
0.02	1
0.03	1
0.04	1
⋮	⋮
1.97	6.85342×10^{-6}

x	$P(PGA > x)_{SPSHA}$
1.98	6.57856×10^{-6}
1.99	6.31558×10^{-6}
2	6.06399×10^{-6}

Data lengkap: bit.ly/HasilPerhitunganSPSHA

Berdasarkan Tabel 8. diperoleh hasil bahwa berdasarkan model SPSHA probabilitas terjadinya gempa dengan intensitas $PGA > 0.01g$ adalah 1 sedangkan untuk probabilitas terjadinya gempa dengan intensitas $PGA > 2g$ adalah 6.06399×10^{-6} yang mendekati nilai 0. Perhitungan probabilitas kejadian pelampauan intensitas gerakan tanah PGA dari model SPSHA dilakukan untuk level PGA 0.01 sampai 2, maka dapat dihasilkan kurva bahaya gerakan tanah (*ground motion hazard curve*) dari nilai PGA terhadap *probability of exceedance* model SPSHA sebagai berikut:



Gambar 2. (a) Kurva *Seismic Hazard* Nilai PGA terhadap POE Model SPSHA. (b) Perbandingan Kurva *Seismic Hazard* Metode PSHA dan SPSHA

Berdasarkan Gambar kurva PGA terhadap POE yang dihasilkan model SPSHA menunjukkan bahwa jika nilai PGA semakin tinggi maka peluang terjadinya kejadian gempa bumi akan semakin rendah. Selain itu, dapat dilihat bahwa metode SPSHA dapat meningkatkan hasil POE pelampauan PGA yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil POE metode PSHA.

Seismic Hazard

Berdasarkan nilai POE yang diperoleh dari model PSHA dan SPSHA, maka dapat diperoleh seismic hazard (SH) untuk kedua model dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai SH(I) untuk Model PSHA dan SPSHA

PGA	Skala Intensitas Gempa (MMI)	SH _I PSHA	SH _I SPSHA
<0.017	I	0.0001	0.0000
0.017–0.07	II	0.0663	0.0000
0.07–0.14	III	0.3207	0.0000
0.14–0.39	IV	0.5474	0.1667
0.39–0.92	V	0.0642	0.8314
0.92–1.8	VI	0.0013	0.0019

Premi Asuransi Gempa Bumi

Pada penelitian ini nilai pertanggunggunaan bangunan (INSV) yang digunakan untuk 1 bangunan rumah adalah sebesar Rp1.000.000.000 dimana LF ditetapkan sama dengan 0.4. Hasil perhitungan premi asuransi gempa bumi dari metode PSHA disajikan pada tabel berikut:

Tabel 10. Hasil Premi Asuransi Gempa Bumi Model PSHA

Intesitas	MDR (%)	SH_I	EADR (%)	PRP	TP
I	0.0000	0.0001	0.0000		
II	0.0000	0.0663	0.0000		
III	0.0000	0.3207	0.0000		
IV	0.0000	0.5474	0.0000	Rp252.132,82	Rp420.221,37
V	0.25	0.0642	0.0160		
VI	7.25	0.0013	0.0092		
Jumlah			0.0252		

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh hasil bahwa rasio kerusakan tahunan (*EADR*) dari model PSHA adalah 0.0252% per tahun sehingga besar premi murni (*PRP*) dari nilai pertanggunggunaan bangunan Rp1.000.000.000 adalah sebesar Rp252.132,82 per tahun dan besar total premi (*TP*) asuransi yang harus dibayarkan oleh nasabah sebagai pihak bertanggung kepada pihak asuransi adalah sebesar Rp420.221,37 per tahun.

Tabel 11. Hasil Premi Asuransi Gempa Bumi Model SPSHA

Intesitas	MDR (%)	SH_I	EADR (%)	PRP	TP
I	0.0000	0.0000	0.0000		
II	0.0000	0.0000	0.0000		
III	0.0000	0.0000	0.0000		
IV	0.0000	0.1667	0.0000	Rp2.218.572,10	Rp3.697.620,16
V	0.25	0.8314	0.2078		
VI	7.25	0.0019	0.0140		
Jumlah			0.2219		

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh hasil bahwa rasio kerusakan tahunan (*EADR*) dari model SPSHA adalah 0.2219% per tahun sehingga besar premi murni (*PRP*) dari nilai pertanggunggunaan bangunan Rp1.000.000.000 adalah sebesar Rp2.218.572,10 per tahun dan besar total premi (*TP*) asuransi yang harus dibayarkan oleh nasabah sebagai pihak bertanggung kepada pihak asuransi adalah sebesar Rp3.697.620,16 per tahun.

D. Kesimpulan

Berdasarkan *Declustering* Gardner & Knopoff yang dilakukan pada katalog gempa tanggal 21 November 2022 sampai 18 Februari 2023 di Kabupaten Cianjur diperoleh hasil 11 gempa utama (*mainshock*), 59 gempa pendahuluan (*foreshock*), dan 80 gempa susulan (*aftershock*) yang terbagi kedalam 11 *cluster* rangkaian gempa dimana 1 gempa *mainshock* mewakili 1 *cluster* rangkaian gempa. Dengan menggunakan 1 *cluster* rangkaian gempa yang terdiri dari 1 gempa utama dan 74 gempa susulan diperoleh hasil bahwa perhitungan bahaya kegempaan melibatkan gabungan gempa utama dan gempa susulan menggunakan metode SPSHA dapat meningkatkan nilai *Probability of Exceedance* (POE) pelampauan PGA dibandingkan dengan metode PSHA yang hanya melibatkan gempa utama pada perhitungannya. Hal tersebut berdampak pada nilai EADR atau rata-rata rasio kerusakan tahunan dari suatu bangunan yang dihitung berdasarkan *Seismic Hazard*

metode PSHA dan SPSHA. Dengan menggunakan nilai pertanggungan bangunan sebesar Rp1.000.000.000 diperoleh hasil premi asuransi gempa dari pemodelan bahaya kegempaan berdasarkan gempa utama (PSHA) sebesar Rp252.132,82 per tahun dimana nasabah harus membayar sebesar Rp420.221,37 kepada perusahaan asuransi. Sedangkan hasil premi asuransi gempa dari pemodelan bahaya kegempaan gabungan gempa utama dan gempa susulan (SPSHA) menghasilkan premi lebih besar yaitu Rp2.218.572,10 per tahun dimana nasabah harus membayar sebesar Rp3.697.620,16 kepada perusahaan asuransi.

Daftar Pustaka

- [1] A. Setiawan, "Perbandingan Penggunaan Jarak Manhattan, Jarak Euclid, dan Jarak Minkowski dalam Klasifikasi Menggunakan Metode KNN pada Data Iris," *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, vol. 5, no. 1, pp. 28–37, 2022, doi: 10.24246/juses.v5i1p28-37.
- [2] I. D. Rosa and Y. Karyana, "Perkiraan Angka Migrasi Neto Perkelompok Umur Provinsi Jawa Barat Tahun 2020 dan 2021," *Jurnal Riset Statistika*, pp. 35–42, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrs.v3i1.1773.
- [3] Tasya Azzahra, "Pemodelan Regresi Hurdle Negative Binomial pada Jumlah Kasus Difteri Jawa Barat 2020," *Jurnal Riset Statistika*, pp. 125–130, Dec. 2023, doi: 10.29313/jrs.v3i2.3014.
- [4] I. F. Roji, "Penentuan Nilai Premi pada Asuransi Pertanian Berbasis Indeks Iklim di Kabupaten Bogor," *Jurnal Riset Statistika*, pp. 65–72, Jul. 2022, doi: 10.29313/jrs.vi.908.
- [5] R. S. Nastiti and A. K. Mutaqin, "Penerapan Model Komposit Weibull-Pareto pada data Klaim Asuransi Harta Benda," *Jurnal Riset Statistika*, pp. 43–49, 2022, doi: 10.29313/jrs.vi.903.
- [6] M. D. Marasabessy and S. Darwis, "Konfidensi Premi Asuransi Gempa Menggunakan Simulasi Monte Carlo," *DataMath: Journal of Statistics and Mathematics*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [7] G. L. Yeo and C. A. Cornel, "A probabilistic framework for quantification of aftershock ground-motion hazard in California: Methodology and parametric study," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 2008, doi: 10.1002/eqe.
- [8] G. L. Yeo and C. A. Cornell, "A Probabilistic Framework for Quantification of Aftershock Ground-Motion Hazard in California: Methodology and Parametric Study," *Earthq Eng Struct Dyn*, vol. 38, no. 1, pp. 45–60, Jan. 2009, doi: 10.1002/eqe.840.
- [9] Y. Ogata, "Estimation of The Parameters in The Modified Omori Formula for Aftershock Frequencies by The Maximum Likelihood Procedure," *Journal of Physics of the Earth*, vol. 31, no. 2, pp. 115–124, 1983, doi: 10.4294/jpe1952.31.115.
- [10] I. Iervolino, E. Chioccarelli, and M. Giorgio, "Aftershocks' Effect on Structural Design Actions in Italy," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 108, no. 4, pp. 2209–2220, 2018, doi: 10.1785/0120170339.
- [11] T. Van Stiphout, J. Zhuang, and D. Marsan, "Seismicity declustering," *Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis*, no. February, pp. 1–25, 2012, doi: 10.5078/corssa-52382934.
- [12] J. K. Gardner and L. Knopoff, "Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian?," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 64, no. 5, 1974, doi: 10.1785/BSSA0640051363.

- [13] J. W. Baker, B. A. Bradley, and P. J. Stafford, *An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)*, Version 1. Cambridge, England: Cambridge University Press, 2021.
- [14] A. F. Nurfauzan and S. Darwis, “Clustering Probabilistic Seismic Hazard Analysis Temporal Epidemic-Type Aftershock Sequence untuk Premi Asuransi,” *Jurnal Riset Statistika*, pp. 41–48, Jul. 2024, doi: 10.29313/jrs.v4i1.3864.
- [15] M. S. Yucemen, “Probabilistic Assessment of Earthquake Insurance Rates for Turkey,” *Natural Hazards*, vol. 35, no. 2, 2005, doi: 10.1007/s11069-004-6485-8.
- [16] M. S. Yucemen, “Probabilistic Assessment of Earthquake Insurance rates for Jordan,” 2005, pp. 291–313. doi: 10.1007/s11069-004-6485-8.