

ANALISIS PROBABILITAS BAHAYA KEGEMPAAN UNTUK PENGELOLAAN DAERAH DALAM MITIGASI BENCANA GEMPA BUMI DI KOTA BENGKULU

Litman¹, Yuwana², Zul Bahrum Caniago³

¹ BMKG, Stasiun Geofisika Kepahiang – Bengkulu Jl. Pembangunan Pasar Ujung Kepahiang,

² Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Universitas Bengkulu Jl. WR Supratman Kandang Limun,

³ Jurusan Fisika, Universitas Bengkulu Jl. WR Supratman Kandang Limun, Bengkulu

ABSTRAK

Keberadaan zona subduksi (megathrust) dan patahan besar Sumatra menyebabkan Kota Bengkulu termasuk daerah rawan gempa bumi. Potensi kebencanaan kegempaan dilakukan dengan menganalisis bahaya kegempaan (seismic hazard) sebagai upaya mitigasi bencana gempa bumi dalam pengelolaan daerah terutama proses pembangunan infrastruktur di kota Bengkulu. Analisis dengan metode probabilistik / PSHA dengan memperhitungkan faktor ketidakpastian kekuatan, lokasi dan waktu kejadian gempa bumi. Hasil penelitian mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum / PGA untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun adalah 0,686 – 0,708 g dan 1,2 – 1,265 g. Nilai percepatan spektrum / *spectrum acceleration* (SA) periode 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun adalah 1,594 – 1,674 g dan 3,69 g. Periode 1 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun adalah 0,64 – 0,67 g dan 1,06 – 1,12 g. Daerah pesisir relatif memiliki nilai SA yang lebih tinggi. Berdasarkan analisis kurva bahaya / *hazard curve*, sumber gempa yang dominan terjadi di kota Bengkulu adalah sumber gempa subduksi Megathrust Mentawai Pagai. Infrastruktur di daerah pesisir diharapkan tidak hanya tahan gempa tetapi juga bisa sebagai shelter untuk penyelamatan dari tsunami.

Kata kunci : bahaya kegempaan, *peak ground acceleration* (PGA), *spectral acceleration* (SA)

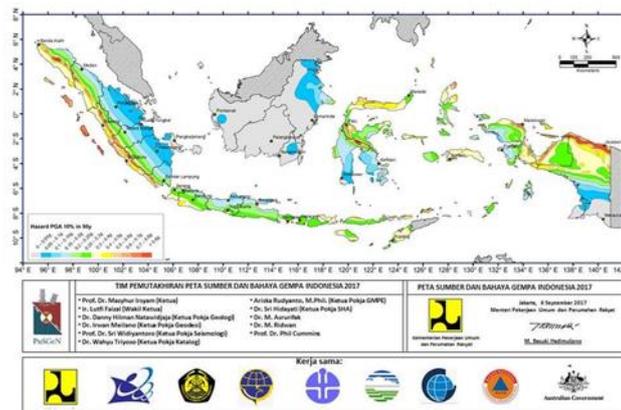
PENDAHULUAN

Letak geografis Indonesia yang berada di antara dua benua, dua samudra dan tiga lempeng tektonik utama dunia menyebabkan terjadinya potensi bencana alam akibat perubahan siklus hidrologi, meteorologi, klimatologi, geologi dan geofisika. Pengelolaan sumber daya alam perlu diseimbangkan dengan upaya penanggulangan bencana alam yang diatur secara sistematis dan terarah sehingga dapat meminimalkan potensi kerugian.

Bencana gempa bumi merupakan salah satu bencana yang dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur pembangunan dan gangguan sosial. Studi risiko kegempaan dapat dilakukan dengan analisis bahaya kegempaan (*seismic hazard*) sebagai bahan masukan

dalam proses mitigasi bencana gempa bumi yang salah satunya dengan membuat peta *hazard* atau peta sumber dan bahaya gempa bumi (Putra, 2015). Gambar 1 menunjukkan percepatan tanah maksimum (PGA) di batuan dasar Indonesia untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.

Kota Bengkulu sebagai kotamadya dan ibukota provinsi merupakan pusat pemerintahan, aktivitas perekonomian dan industri. Pembangunan infrastruktur harus memerhatikan risiko potensi kebencanaan, salah satunya potensi bencana kegempaan. Mengetahui risiko potensi kebencanaan kegempaan dapat dilakukan dengan menganalisis bahaya kegempaan (*seismic hazard*) sebagai langkah mitigasi bencana dan preventif pada proses pembangunan infrastruktur di wilayah Kota Bengkulu.



Gambar 1. Peta PGA di batuan dasar Indonesia untuk probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun (PuSGeN, 2017)

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat peta percepatan tanah maksimum dan percepatan spektrum di batuan dasar yang lebih spesifik untuk mengetahui potensi tingkat guncangan akibat gempa bumi di wilayah Kota Bengkulu.
2. Menentukan nilai percepatan tanah maksimum yang dapat digunakan sebagai pedoman teknik sipil atau *engineer* dalam pembangunan infrastruktur dan penempatan bangunan vital atau zona pemukiman yang lebih aman terhadap gempa bumi.
3. Menentukan sumber gempa bumi dominan yang berpengaruh terhadap aktivitas kegempaan kota Bengkulu sebagai acuan langkah mitigasi bencana untuk meminimalkan risiko kerusakan dan korban jiwa akibat gempa bumi.

Percepatan tanah merupakan perubahan kecepatan partikel tanah pada saat terjadi gempa bumi. Percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration/PGA*) merupakan nilai tertinggi dari percepatan tanah pada suatu wilayah akibat adanya getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu. Nilai PGA merupakan parameter penting dalam kajian risiko bencana gempa bumi, dapat menggambarkan seberapa besar potensi gempa bumi di suatu wilayah dan menjadi suatu acuan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa.

Teori probabilitas total McGuire (1976) dikembangkan berdasarkan

probabilitas Cornell (1970) yang mengasumsikan magnitudo gempa bumi M dan jarak hiposenter R sebagai variabel acak independen yang kontinu (Putra, 2015).

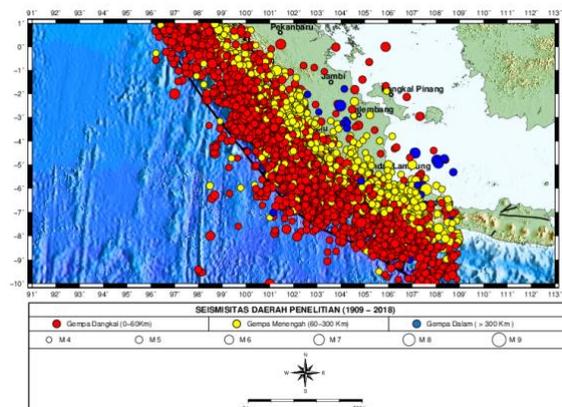
Risiko gempa adalah kemungkinan terlampauinya (*probability of exceedance*) suatu gempa dengan intensitas tertentu selama masa bangunan. Nilai dari risiko gempa secara matematis berdasarkan model probabilitas Poisson (Nugraha *et al*, 2014). Risiko gempa pada peta *hazard* biasanya dinyatakan dalam probabilitas terlampaui yang dinyatakan dalam persentase (%). SN1-3-1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung menetapkan risiko gempa sebesar 10% dalam 50 tahun atau periode ulang gempa 475 tahun yang dibulatkan menjadi 500 tahun. Mengandung arti terdapat kemungkinan (probabilitas) sebesar 10% nilai percepatannya akan lebih besar dari nilai percepatan yang tertera di peta selama 50 tahun.

Periode ulang gempa 500 tahun mengandung arti terdapat kemungkinan (probabilitas) sebesar 1/500 (0.2%) untuk terjadinya gempa yang nilai percepatannya akan lebih besar dari nilai percepatan yang tertera di peta. Pada SNI-3-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) terdapat penambahan nilai probabilitas terlampaui sebesar 2% dalam 50 tahun atau periode ulang gempa 2475 tahun yang dibulatkan menjadi 2500 tahun. Segmen sesar di Bengkulu berada di darat dan di samudera Hindia. Segmen sesar di darat merupakan bagian segmentasi dari sesar besar Sumatra. Sedangkan segmen sesar di lepas pantai terbagi menjadi dua yaitu Segmen Mentawai dan Segmen Enggano.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data parameter gempa bumi (waktu kejadian, koordinat, kedalaman, magnitudo) dari katalog gempa bumi *International Seismological Centre (ISC)*, *Engdahl-van der Hilst-Buland (EHB)*, *The United States Geological Survey (USGS)*, *The Global Centroid-Moment-Tensor (CMT)* dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dari tahun 1909 sampai dengan 2018 dengan batasan wilayah 2° LU – 9° LS dan 96° BT– 109° BT dan kedalaman gempa 0 – 300 km (Gambar 3).



Gambar 3. Seismisitas daerah penelitian tahun 1909 s.d 2018

2. Data parameter tektonik *fault* berupa *slip rate*, mekanisme pergerakan, *dip*, *top of fault*, *bottom of fault*, panjang sesar, estimasi magnitudo maksimum serta *fault trace* dan parameter tektonik

subduksi berupa nilai *a* dan *b*, estimasi magnitudo maksimum dan trace subduksi setiap segmen. Data yang digunakan parameter fault dan subduksi radius 500 km dari titik fokus

wilayah penelitian pada koordinat 3,79° LS – 102,26° BT.

Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Matlab.
- b. Z-Map
- c. USGS PSHA 2007
- d. Notepad
- e. Microsoft Excel
- f. ArcGis.

Ketidakeragaman magnitudo dalam katalog yang digunakan akan membuat hasil estimasi nilai PGA *over estimated* atau *under estimated* dari nilai sebenarnya, sehingga perlu diseragamkan skala magnitudonya yaitu magnitudo momen (M_w). Magnitudo ini tidak mengalami saturasi pada gempa-gempa besar serta dapat merepresen-tasikan energi yang dilepaskan oleh kejadian gempa bumi secara lebih riil. Tabel 1 merupakan persamaan empiris yang digunakan untuk konversi magnitudo.

Tabel 1. Persamaan empiris konversi magnitudo

Persamaan empiris	Rentang Magnitudo	Referensi
$M_w = 1,0107m_b + 0,0801$	$3,7 \leq m_b \leq 8,2$ dengan $R^2 = 0,6975$	PuSGeN (2017)
$M_w = 0,6016M_s + 2,476$	$2,8 \leq M_s \leq 6,1$ dengan $R^2 = 0,8013$	PuSGeN (2017)
$M_w = 0,9239M_s + 0,5671$	$6,2 \leq M_s \leq 8,7$ dengan $R^2 = 0,8013$	PuSGeN (2017)
$M_w = 0,7473M_L + 1,05671$	$3,0 \leq M_L \leq 7,5$ dengan $R^2 = 0,8505$	Scordilis (2006)
$M_w = 0,58 M_{JMA} + 2,25$	$3,0 \leq M_{JMA} \leq 5,5$ dengan $R^2 = 0,28$	Scordilis (2006)
$M_w = 0,97 M_{JMA} + 0,04$	$5,6 \leq M_{JMA} \leq 8,2$ dengan $R^2 = 0,22$	Scordilis (2006)

Proses pemisahan (*declustering*) gempa *independent* dari gempa-gempa *dependent* menggunakan *software* ZMAP (Wiemer, 2001) dengan metode yang diperkenalkan Gardner dan Knopoff (1974) yaitu menggunakan kriteria rentang waktu (*time windows / t*) dan jarak tertentu (*distance windows / d*) dari satu kejadian gempa besar (magnitudo / M). Persamaan berikut yang digunakan Gardner dan Knopoff (1974) dalam identifikasi gempa-gempa *dependent*.

Identifikasi model sumber gempa menurut Asrurifak (2010) dalam Pusat Studi Gempa Nasional (2017) memiliki kriteria sebagai berikut:

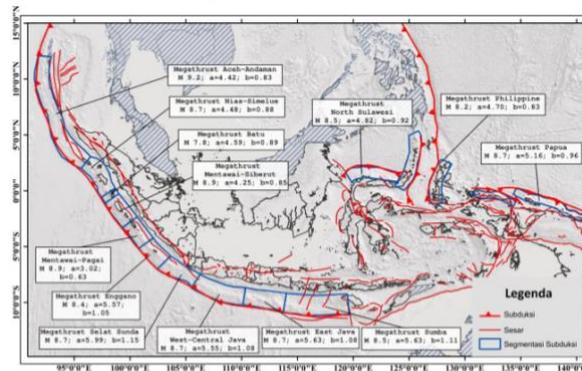
1. Kedalaman sumber gempa dibatasi hingga 300 km.
2. Jarak lokasi sumber gempa ke lokasi yang ditinjau dibatasi hingga 500 km kecuali sumber gempa subduksi dapat mencapai 1000 km.
3. Penggunaan fungsi atenuasi (GMPE) tiap-tiap model sumber gempa harus disesuaikan dengan karakteristik kegempaan dan kondisi tektonik daerah yang ditinjau.

Sumber gempa sesar (*fault*) identifikasinya berdasarkan geometri *fault*. Sumber gempa sesar (*fault*) dapat juga disebut sumber gempa 3 (tiga) dimensi. Karena dalam perhitungan probabilitas jarak melibatkan jarak dari *site* ke *hypocenter*. Parameter analisis

probabilitas (PSHA) dengan model sumber gempa sesar adalah *fault trace*, mekanisme pergerakan, *slip rate*, *dip*, panjang dan lebar *fault* (BMKG, 2018).

Sumber gempa subduksi (*megathrust*) didapat dari data seismotektonik. Subduksi merupakan zona bersifat konvergen yang terdapat pada batas antar lempeng. Subduksi terjadi

akibat terdapat perbedaan massa jenis antara kedua lempeng, dimana lempeng samudra memiliki massa jenis yang lebih besar dibanding lempeng benua, sehingga lempeng samudra akan menunjat di bawah lempeng benua. Gambar 4 menunjukkan parameter nilai *a-b* dan magnitudo maksimum segmentasi subduksi.



Gambar 4. Parameter nilai *a-b*, magnitudo maksimum segmentasi subduksi Indonesia (PuSGeN, 2017)

Sumber gempa background merupakan daerah yang terdapat kejadian gempa bumi namun belum teridentifikasi dengan baik atau tidak ada data *seismogenic*-nya.

Penentuan nilai *a* dan *b* ditentukan dari relasi Gutenberg Richter (1944) dengan menggunakan analisis *Least Square*. Nilai *a* dan *b* ditentukan berdasarkan data yang dikelompokkan dari beberapa area ke dalam sekelompok data dengan analisis statistik model *maximum likelihood*. Persamaan Gutenberg Richter (1944) adalah sebagai berikut :

$$\text{Log } N = a - b M \quad (5)$$

dimana,

N adalah jumlah gempa bumi dengan magnitudo lebih besar atau sama dengan *M*
a adalah konstanta yang terkait karakteristik ruang, tingkat seismisitas
b adalah konstanta distribusi gempabumi
Sedangkan persamaan *maximum likelihood* untuk mencari nilai *b* adalah sebagai berikut :

$$a = \log N + \log (b \ln 10) + M_0 \quad (6)$$

$$b = \frac{\log e}{M_{rata} - M_0} \quad (7)$$

dimana,

$\log e = 0,343$

M_0 = Magnitudo minimum

M_{rata} = Magnitudo rata-rata

Nilai a menunjukkan karakteristik data pengamatan yang tergantung pada lamanya pengamatan dan tingkat seismisitas. Semakin besar nilai a maka aktivitas seismiknya makin besar. Nilai b menggambarkan karakteristik tektonik kegempaan dari suatu daerah dan tergantung pada sifat batuan di daerah tersebut. Semakin besar nilai b maka semakin besar pula peluang terjadinya gempa bumi. Penentuan a dan b didapat menggunakan *software* ZMAP.

Fungsi atenuasi atau *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) merupakan suatu fungsi yang menggambarkan hubungan antara

intensitas gerakan tanah, magnitudo, dan jarak dari suatu sumber titik dalam daerah sumber (Hutapea dan Mangape, 2009). Fungsi atenuasi atau GMPE yang digunakan pada penelitian ini adalah *Next Generation Attenuation* (NGA) yang sudah menggunakan data global (*worldwide data*).

Logic tree merupakan metode yang memperhitungkan seluruh ketidakpastian pada analisis PSHA dengan memberikan nilai bobot pada setiap parameter model sumber gempa yang menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap parameter yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode PSHA untuk wilayah Kota Bengkulu dengan metode analisis jarak spasi *grid* $0,02^\circ \times 0,02^\circ$ atau setara dengan 2×2 km menghasilkan peta percepatan di batuan dasar yaitu meliputi peta

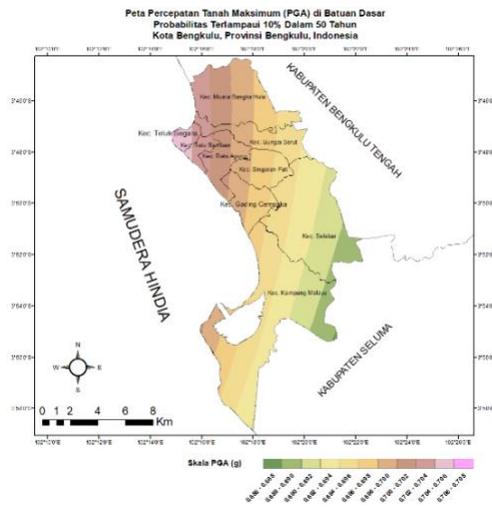
percepatan tanah maksimum (PGA) dan peta percepatan spektrum (SA) periode 0,2 detik dan 1 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun serta kurva bahaya (*hazard curve*). Nilai b untuk model sumber gempa *background* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter nilai b model sumber gempa *background* yang digunakan

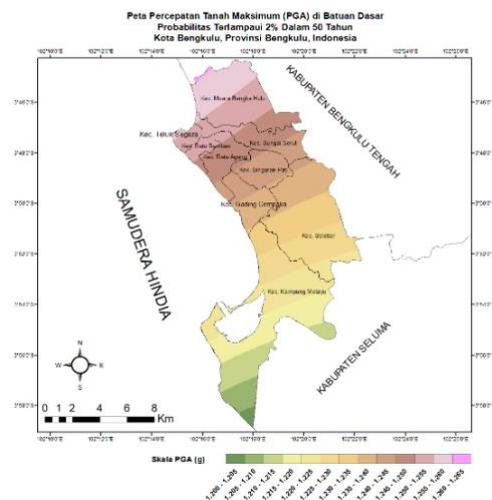
Kedalaman	nilai b
Shallow (0-50 km)	0,595
Deep 1 (50 - 100 km)	0,751
Deep 2 (100 - 150 km)	0,74
Deep 3 (150 - 200 km)	1,0
Deep 4 (200 - 300 km)	1,0

Peta percepatan tanah maksimum (PGA) di batuan dasar

Gambar 5 dan gambar 6 merupakan peta percepatan tanah maksimum (PGA) di kota Bengkulu.



Gambar 5. Peta PGA di batuan dasar probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.



Gambar 6. Peta PGA probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Tabel 3 menunjukkan nilai PGA di setiap kecamatan dalam kota Bengkulu

untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun.

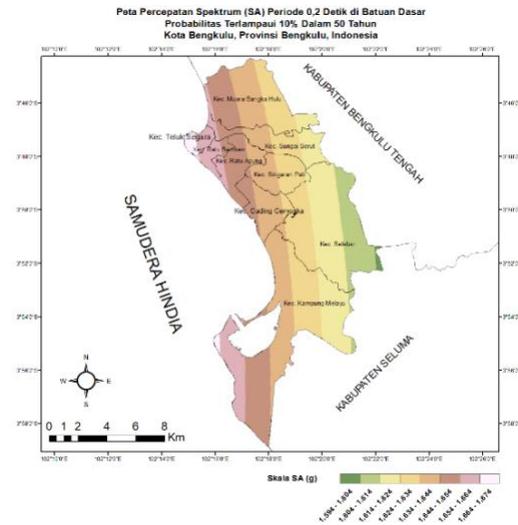
Tabel 3. Nilai PGA di Kota Bengkulu

Kecamatan	Nilai PGA (g)	
	Probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	Probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun
Teluk Segara	0,702 - 0,708	1,25 - 1,26
Muara Bangka Hulu	0,694 - 0,704	1,26 - 1,265
Ratu Samban	0,7 - 0,706	1,245 - 1,255
Ratu Agung	0,698 - 0,704	1,24 - 1,255
Sungai Serut	0,692 - 0,704	1,24 - 1,26
Singaran Pati	0,694 - 0,7	1,235 - 1,25
Gading Cempaka	0,694 - 0,702	1,23 - 1,24
Selebar	0,688 - 0,696	1,22 - 1,24
Kampung Melayu	0,686 - 0,698	1,2 - 1,235

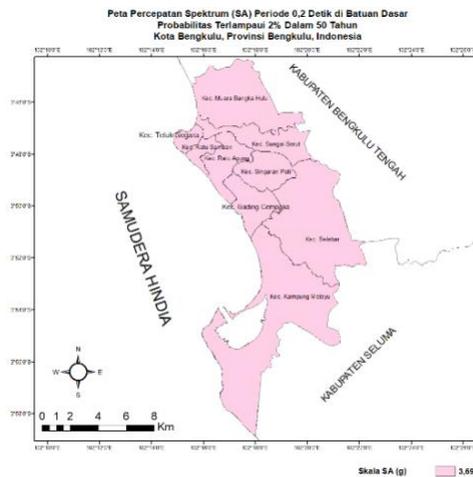
Nilai PGA merepresentasikan tingkat guncangan ketika terjadi gempa bumi. Semakin besar nilai PGA maka semakin besar tingkat guncangan yang dirasakan.

Peta Percepatan Spektrum (SA) Periode 0,2 Detik di Batuan Dasar

Gambar 7 dan gambar 8 merupakan peta percepatan spektrum (SA) periode 0,2 detik di batuan dasar probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun di kota Bengkulu.



Gambar 7. Peta SA periode 0,2 detik probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.



Gambar 8. Peta SA periode 0,2 detik probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun

Tabel 4 menunjukkan nilai SA di setiap kecamatan dalam kota Bengkulu

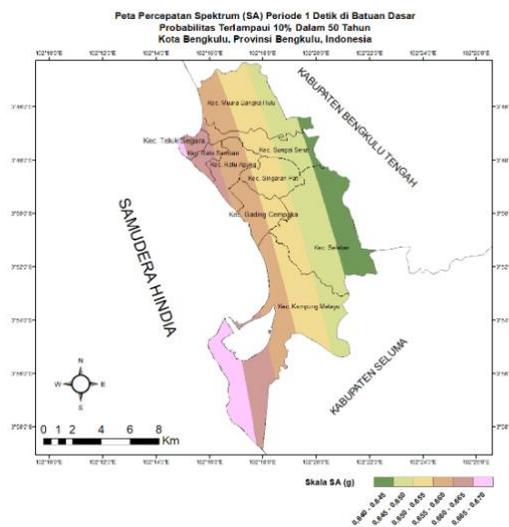
untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun.

Tabel 4. Nilai SA periode 0,2 detik di Kota Bengkulu

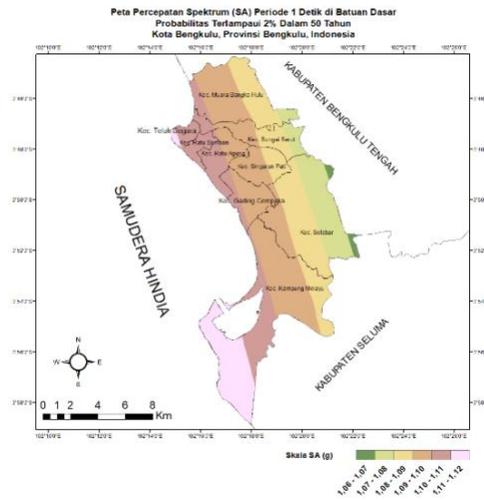
Kecamatan	Nilai SA periode 0,2 detik (g)	
	Probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	Probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun
Teluk Segara	1,654 - 1,674	3,69
Muara Bangka Hulu	1,624 - 1,664	3,69
Ratu Samban	1,644 - 1,664	3,69
Ratu Agung	1,634 - 1,664	3,69
Sungai Serut	1,614 - 1,664	3,69
Singaran Pati	1, 614 - 1,654	3,69
Gading Cempaka	1,624 - 1,654	3,69
Selebar	1,594 - 1,644	3,69
Kampung Melayu	1,604 - 1,674	3,69

Percepatan Spektrum (SA) Periode 1 Detik di Batuan Dasar

Gambar 9 dan Gambar 10 merupakan peta percepatan spektrum (SA) periode 1 detik di batuan dasar probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun.



Gambar 9. Peta SA periode 1 detik probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun.



Gambar 10. Peta SA periode 1 detik probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.

Tabel 5 menunjukkan nilai SA periode 1 detik di setiap kecamatan dalam

kota Bengkulu untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun.

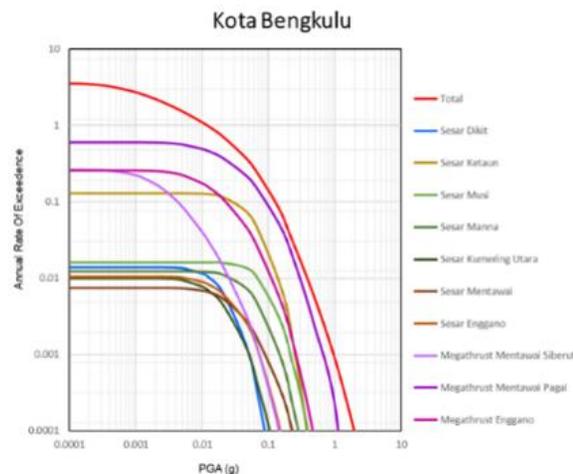
Tabel 5. Nilai SA periode 1 detik di Kota Bengkulu

Kecamatan	Nilai SA periode 1 detik (g)	
	Probabilitas terlampaui 10% dalam 50 tahun	Probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun
Teluk Segara	0,66 - 0,67	1,07 - 1,12
Muara Bangka Hulu	0,64 - 0,66	1,08 - 1,11
Ratu Samban	0,655 - 0,665	1,1 - 1,11
Ratu Agung	0,65 - 0,665	1,09 - 1,11
Sungai Serut	0,64 - 0,665	1,07 - 1,11
Singaran Pati	0,645 - 0,66	1,08 - 1,1
Gading Cempaka	0,65 - 0,66	1,09 - 1,11
Selebar	0,64 - 0,655	1,06 - 1,1
Kampung Melayu	0,645 - 0,67	1,08 - 1,12

Kurva Bahaya (Hazard Curve)

Analisis *hazard curve* menggambarkan hubungan antara laju terlampaui kejadian gempa per tahun (*annual rate of exceedence*) terhadap nilai PGA, digunakan untuk mengetahui

kontribusi dari sumber-sumber gempa yang dominan terjadi. Gambar 11 merupakan kurva bahaya dari sumber-sumber gempa dan Tabel 6 menunjukkan nilai hazard di setiap kecamatan dalam kota Bengkulu.



Gambar 11. *Hazard Curve* di Kota Bengkulu

Tabel 6. Nilai *hazard* di Kota Bengkulu

Sumber Gempa	Nilai Hazard Tertinggi di Kecamatan (g)									
	Teluk Segara	Ratu Samban	Ratu Agung	Sungai Serut	Muara Bangka Hulu	Singaran Pati	Gading Cempaka	Selebar	Kampung Melayu	
Total	3.54700	3.54420	3.54960	3.55940	3.55410	3.55220	3.54860	3.55690	3.52920	
Megathrust Mentawai Pagai	0.60652	0.60652	0.60652	0.60652	0.60652	0.60652	0.60652	0.60652	0.60652	
Megathrust Mentawai Siberut	0.26328	0.26255	0.26123	0.25891	0.26255	0.25966	0.25921	0.25726	0.25684	
Megathrust Enggano	0.25679	0.25679	0.25679	0.25679	0.25679	0.25679	0.25679	0.25679	0.25679	
Sesar Dikit	0.01379	0.01379	0.01379	0.01379	0.01379	0.01379	0.01379	0.01379	0.01379	
Sesar Ketaun	0.01429	0.01429	0.01429	0.01429	0.01429	0.01429	0.01429	0.01429	0.01429	
Sesar Musi	0.01591	0.01591	0.01591	0.01591	0.01591	0.01591	0.01591	0.01591	0.01591	
Sesar Manna	0.01217	0.01217	0.01217	0.01217	0.01217	0.01217	0.01217	0.01217	0.01217	
Sesar Kumering Utara	0.00968	0.00975	0.00986	0.01009	0.00975	0.01004	0.01009	0.01028	0.01032	
Sesar Mentawai	0.00756	0.00753	0.00747	0.00740	0.00753	0.00740	0.00738	0.00731	0.00727	
Sesar Enggano	0.01011	0.01023	0.01029	0.01039	0.01004	0.01046	0.01059	0.01070	0.01101	

Hasil analisis *hazard curve* menunjukkan nilai *hazard* tertinggi pada setiap kecamatan di Kota Bengkulu adalah sumber gempa Megathrust Mentawai Pagai dengan nilai *hazard* 0,60652 g. Berdasarkan data historis katalog gempa bumi, sumber gempa ini terakhir kali mengalami robekan yang menyebabkan gempa bumi dengan magnitudo Mw 8.5 pada tahun 2007 (BMKG, 2018).

Karakteristik sumber gempa subduksi dapat berpotensi tsunami, sehingga pada konstruksi bangunan-bangunan di pesisir pantai diharapkan tidak hanya tahan gempa dan masa guna yang panjang tetapi dapat juga dijadikan sebagai *shelter* penyelamatan tsunami.

Perlu disosialisasikan kepada masyarakat terkait langkah apa saja yang diperlukan untuk tanggap bencana gempa, sehingga dapat meminimalisir kerugian material dan korban jiwa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Peta percepatan tanah maksimum (PGA) di batuan dasar kota Bengkulu (Gambar 5 dan 6), peta percepatan spektrum (SA) periode 0,2 detik (Gambar 7 dan 8) serta peta percepatan

- spektrum (SA) periode 1 detik (Gambar 9 dan 10).
2. Nilai PGA di batuan dasar Kota Bengkulu untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun berkisar antara 0,686 - 0,708 g dan 1,2 - 1,265 g. Nilai SA di batuan dasar periode 0,2 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun berkisar antara 1,594 - 1,674 g dan 3,69 g. Nilai SA di batuan dasar periode 1 detik untuk probabilitas terlampaui 10% dan 2% dalam 50 tahun berkisar antara 0,64 - 0,67 g dan 1,06 - 1,12 g.
 3. Sumber gempa yang dominan terjadi di Kota Bengkulu berdasarkan analisis *hazard curve* adalah sumber gempa subduksi Megathrust Mentawai Pagai.

Saran

1. Diperlukan kajian tentang sumber-sumber gempa aktif yang belum teridentifikasi oleh PuSGeN 2017 untuk kelengkapan data parameter tektonik.
2. Perlunya kelengkapan data fungsi atenuasi (GMPE) dan *local site* di wilayah Bengkulu
3. Kajian terkait respon spektrum untuk kesesuaian desain bangunan tahan gempa di Kota Bengkulu.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2018. *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 - 2017*. Pusat Gempabumi dan Tsunami BMKG. Jakarta.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2018. Prinsip Dasar Probabilistic Seismic Hazard Analysis. *Modul Diklat Teknis*

Seismologi Teknik. Bidang Seismologi Teknik BMKG. Jakarta.

Benjamin, J.R. dan C.A. Cornell. 1970. *Probability Statistics, and Decision for Civil Engineering*. New York. Dover Publications.

Gardner, J.K. dan L. Knopoff. 1974. Is the Sequence of Earthquakes in Southern California, With Aftershocks Removed, Poissonian?. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol.64, No. 5: 1363-1367.

Gutenberg, B. dan C.F Richter. 1944. Frequency of Earthquakes in California. *Bulletin of Seismological Society America*. Vol.34: 185-188

Hutapea, B.M. dan I. Mangape. 2009. Analisis hazard gempa dan usulan ground motion pada batuan dasar untuk Kota Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil*. 16 (3) : 121-131.

McGuire, R.K. 1976. *FORTRAN Computer Program for Seismic Risk Analysis, Open-File Report 76-67*. United States Department of the Interior Geological Survey.

Putra, Y.M.K. 2015. *Studi Awal Perbandingan Sensitifitas Parameter Bahaya Seismik di Wilayah Bali*. Skripsi. Program Studi Geofisika Sekolah Tinggi Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Tangerang Selatan.

Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.

Scordilis, E.M. 2005. Globally Valid Relations Converting M_s , m_b and M_{JMA} to M_w . *Nato Advanced Research Workshop on "Earthquake Monitoring and*

P-ISSN: 2302- 6715

E- ISSN: 2654-7732

Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries". Bulgaria, 11-17 September 2005.

Wiemer, S. 2001. A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP.

Seismological Research Letters. Vol. 72 No. 2: 373–382.