

UPAYA PENINGKATAN BUDAYA SADAR BENCANA GEMPA MELALUI ANALISIS STATISTIK PARA- METER GEOFISIKA DI KOTA BENGKULU, INDONESIA

Rena Misliniyati¹, Lindung Zalbuin Mase^{1*}, Refrizon²

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bengkulu

²Program Studi Geofisika, Universitas Bengkulu

Article history

Received : 08-07-2023

Revised : 23-11-2023

Accepted : 07-12-2023

*Corresponding author

Lindung Zalbuin Mase
Email: imase@unib.ac.id

Abstrak

Potensi gempa bumi yang sewaktu-waktu dapat terjadi kerap menjadi isu utama bagi pembangunan dan masyarakat. Upaya peningkatan budaya sadar bencana gempa perlu dilakukan guna memberikan edukasi dalam menyikapi bahaya gempa yang dapat terjadi di Kota Bengkulu. Kegiatan ini dilakukan dalam rangka pelaksanaan kegiatan pengabdian berbasis riset, dimana pengukuran geofisik digunakan untuk mendeskripsikan kerentanan seismik Kota Bengkulu, melalui kerja sama kemitraan oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bengkulu. Hasil pengukuran geofisik selanjutnya diolah lebih lanjut untuk mendapatkan parameter amplifikasi (A_0) dan frekuensi dominan (f_0). Kedua parameter tersebut kemudian dianalisis untuk mendeskripsikan indeks kerentanan seismik (K_g) di Kota Bengkulu. Pemaparan hasil analisis juga dilakukan sebagai transfer pemahaman kerentanan seismik kepada mitra. Hasil kegiatan memperlihatkan bahwa terdapat 211 titik yang diinvestigasi. Secara umum tingkat kerentanan seismik di Kota Bengkulu rata-rata pada level rendah dengan sangat tinggi dengan nilai kerentanan rata-rata berkisar pada 2,69 sampai dengan 36,31. Kecamatan Ratu Samban, Ratu Agung, Gading Cempaka, Kampung Melayu, dan Teluk Segara digolongkan sebagai wilayah dengan kerentanan sangat tinggi, dengan nilai maksimum rerata sebesar 36,31. Kecamatan Selebar dan Singaran Pati digolongkan sebagai wilayah dengan kerentanan tinggi dengan nilai maksimum rerata sebesar 5,97, Kecamatan Sungai Serut dengan kerentanan sedang dengan nilai maksimum rerata 4,41, dan Kecamatan Muara Bangkahulu dengan kerentanan rendah dengan nilai maksimum rerata 2,69. Kegiatan ini membantu mitra dalam memetakan kerentanan seismik di Kota Bengkulu.

Kata Kunci: Gempa; Indeks Kerentanan Seismik; Parameter Geofisika

Abstract

The potential for earthquakes that can occur at any time is often a significant issue for development and society. Efforts to increase the culture of earthquake disaster awareness need to be carried out to provide education in responding to the dangers of an earthquake that can occur in Bengkulu City. This activity was carried out in the context of research-based community service activities, where geophysical measurements were used to describe the seismic vulnerability of the City of Bengkulu, through a partnership with the Bengkulu City Regional Disaster Management Agency (BPBD). The geophysical measurement results are further processed to obtain the amplification parameter (A_0) and the dominant frequency (f_0). The parameters are then analysed to describe the seismic vulnerability index (K_g) in Bengkulu City. Presentation of analysis results is also carried out as a transfer of understanding of seismic vulnerability to partners. The results of the activity show that there are 211 points investigated. In general, the level of seismic vulnerability in Bengkulu City is on average at a low to very high level with an average vulnerability value ranging from 2.69 to 36.31. The districts of Ratu Samban, Ratu Agung, Gading Cempaka, Kampung Melayu, and Teluk Segara are classified as areas with very high vulnerability, with a maximum average value of 36.31. Selebar and Singaran Pati subdistricts are classified as areas with high vulnerability with a maximum average value of 5.97, Sungai Serut subdistrict with medium vulnerability with a maximum average value of 4.41, and Muara Bangkahulu subdistrict with low vulnerability with a maximum average value of 2.69. This activity helps partners in mapping seismic vulnerability in Bengkulu City.

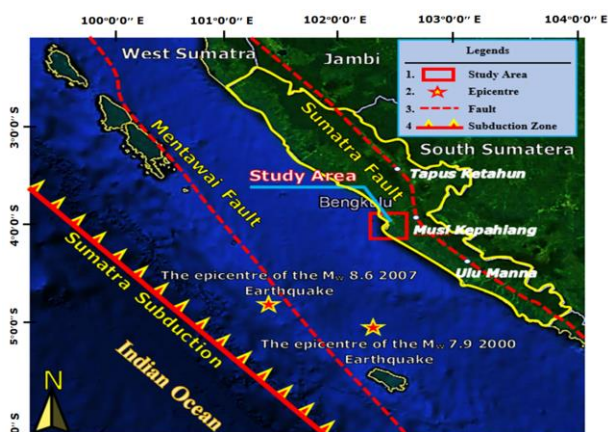
Keywords: Earthquake; Seismic Vulnerability Index; Geophysical Parameters

© 2024 Some rights reserved

PENDAHULUAN

Kota Bengkulu merupakan ibu kota Provinsi Bengkulu, yang terletak di pesisir barat Pulau Sumatera. Mase et al., (2021) menyebutkan bahwa Kota Bengkulu telah mengalami gempa dampak dahsyat yang pernah terjadi, yaitu Gempa Bengkulu-Enggano 4 Juni 2000 dengan kekuatan 7,3 Skala Richter (SR) dan Gempa Bengkulu-Mentawai 12 September 2007 dengan kekuatan 7,9 SR. Kedua gempa tersebut tidak hanya menimbulkan kerusakan tetapi juga menimbulkan trauma yang mendalam bagi masyarakat.

Secara umum, Provinsi Bengkulu dikelilingi oleh beberapa sumber gempa aktif (Gambar 1) dengan 3 sumber gempa utama, yaitu Zona Subduksi Sumatera, Sesar Mentawai, dan Sesar Sumatera (Mase, 2020). Ketiga sumber gempa tersebut kerap memicu terjadinya bencana gempa bumi di wilayah pesisir dan pegunungan Pulau Sumatera. Kota Bengkulu, sebagai salah satu wilayah yang berada dekat dengan sumber-sumber gempa tersebut kerap mengalami memiliki tingkat kerentanan seismik yang cukup tinggi (Misliniyati et al., 2018).



Gambar 1. Kondisi seismotektonik di Pulau Sumatera (Mase et al., 2021)

Dewasa ini, pembangunan di Kota Bengkulu semakin terasa meningkat. Mase & Keawsawavong (2022) menyebutkan bahwa pembangunan yang meningkat di Kota Bengkulu perlu diiringi dengan pemahaman yang menyeluruh tentang budaya sadar bencana gempa di Kota Bengkulu, oleh masyarakatnya. Farid & Mase (2020) menyebutkan bahwa pembangunan di Kota Bengkulu harus mengedepankan konsep mitigasi bencana kegempaan. Oleh karena itu, pembangunan berbasis mitigasi bencana, khususnya gempa perlu dituangkan dalam penyusunan rencana tata ruang dan wilayah di Kota Bengkulu.

Berdasarkan siklus waktunya penanganan bencana dapat dibagi menjadi 4 kategori. Kategori

pertama adalah Kegiatan sebelum bencana terjadi. Kategori kedua adalah Kegiatan saat bencana terjadi, Kategori ketiga adalah Kegiatan tepat setelah bencana terjadi, dan Kategori keempat adalah Kegiatan pasca bencana yang meliputi pemulihan, penyembuhan, perbaikan, dan rehabilitasi. Mitigasi bencana memiliki pengertian langkah yang memiliki tahap awal penanggulangan bencana alam untuk mengurangi dan memperkecil dampak bencana. Mitigasi adalah langkah yang juga dilakukan sebelum bencana terjadi. Tahapan mitigasi bencana terdiri dari perencanaan, respons, dan pemulihan.

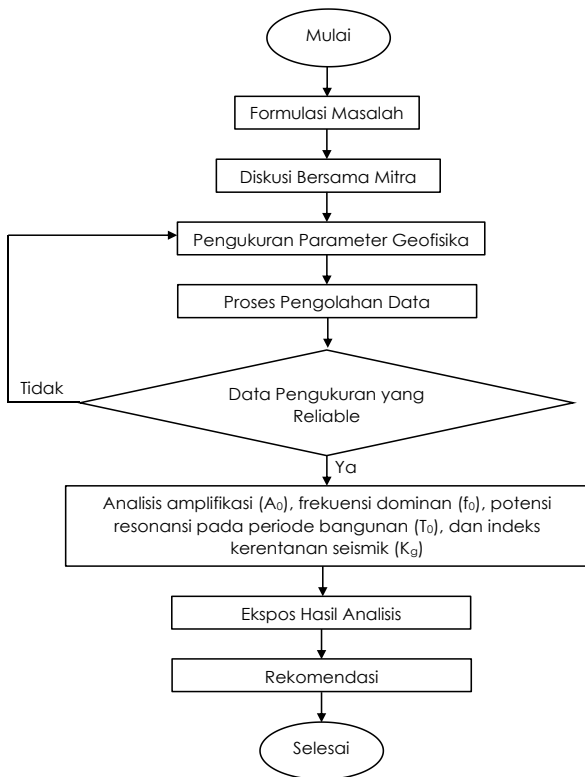
Peranan tahapan penanganan bencana merupakan hal yang krusial. Perencanaan dan persiapan yang matang dalam menghadapi bencana merupakan dasar utama agar tahapan mitigasi bencana dapat dilakukan. Berkaitan dengan kondisi Kota Bengkulu, penekanan pada pemahaman masyarakat dalam upaya peningkatan budaya sadar bencana gempa dapat merupakan hal yang paling utama. Dengan adanya budaya sadar gempa, maka masyarakat memiliki ketahanan kebencanaan yang lebih baik.

Naskah ini melaporkan hasil pengabdian kepada masyarakat berbasis riset yang mengangkat upaya peningkatan budaya sadar bencana gempa melalui analisis statistik parameter geofisika di Kota Bengkulu, Indonesia. Kegiatan pengabdian ini menggandeng mitra Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bengkulu. BPBD merupakan institusi yang menjadi elemen pemerintah daerah dalam melakukan upaya mitigasi, pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan bencana. BPBD selaku mitra pada kegiatan ini memerlukan dukungan dalam meningkatkan kesadaran bencana melalui riset dan inovasi yang dilakukan oleh akademisi dari perguruan tinggi. Kegiatan ini dilakukan dengan diawali dengan melakukan diskusi dengan mitra. Selanjutnya pengukuran geofisika menggunakan seismometer dilakukan di berbagai wilayah di Kota Bengkulu. Proses pengolahan data pengukuran menjadi parameter geofisik berupa amplifikasi (A_0), frekuensi natural (f_0), dan indeks kerentanan seismik (K_g) dilakukan. Analisis sebaran data dan statistik selanjutnya didiskusikan. Untuk mendapatkan informasi tentang potensi resonansi pada bangunan gedung, dilakukan pula analisis periode natural (T_0). Hasil analisis selanjutnya dipaparkan kepada mitra untuk menjadi dasar perencanaan pra bencana bagi BPBD. Hasil pengabdian ini juga dapat menggambarkan kondisi tingkat kerentanan seismik di Kota Bengkulu.

METODE PELAKSANAAN

Solusi yang ditawarkan dari kegiatan ini adalah melakukan riset bersama dengan mitra yang selanjutnya disosialisasikan kepada mitra dan

bersama mitra pula paparan lebih luas terkait urgensi hasil riset dalam meningkatkan budaya sadar masyarakat di Kota Bengkulu. Secara umum tahapan demi tahapan yang dilakukan mengacu pada bagan alir yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan pelaksanaan kegiatan

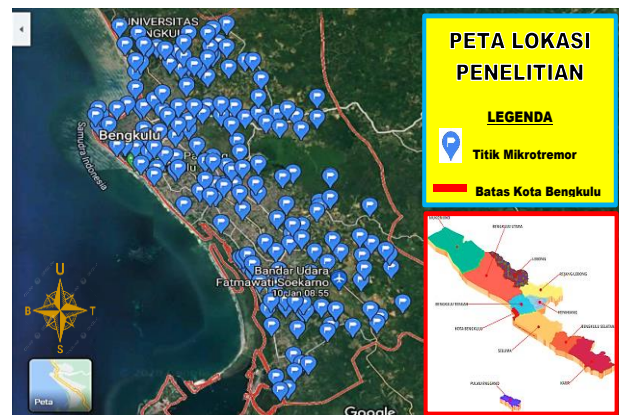
Formulasi Masalah

Tahap awal dari kegiatan ini adalah dengan melakukan formulasi masalah. Masalah yang diangkat pada kegiatan ini adalah pentingnya meningkatkan budaya sadar bencana gempa. Upaya peningkatan budaya sadar bencana tersebut dapat dilakukan dengan menelaah hasil pengukuran geofisika di lapangan. Dalam hal ini tim pengabdian memanfaatkan sensor seismometer untuk mendapatkan parameter geofisik berupa amplifikasi dan frekuensi dominan. Parameter tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan kerentanan seismik.

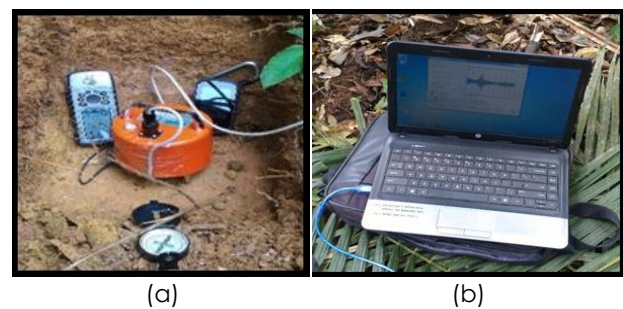
Diskusi dengan Mitra dan Pengukuran di Lapangan

Masalah yang dipetakan oleh tim pengabdian selanjutnya dipaparkan kepada mitra melalui diskusi pemaparan masalah. Dalam hal ini pihak mitra menyampaikan bahwa salah satu indikator yang memberikan kontribusi dalam peningkatan indeks ketahanan daerah (IKD) di Kota Bengkulu. Berdasarkan indeks ketahanan daerah (IKD) yang rilis oleh Inarisk (2021), indeks ketahanan daerah Kota

Bengkulu masih tergolong rendah. Masih tingginya indeks risiko bencana dan rendahnya indeks ketahanan daerah di Kota Bengkulu, ditengarai karena masih minimnya dokumen pra-bencana yang dapat dijadikan rujukan guna menanggulangi dan mengantisipasi serta meminimalisir dampak bencana yang terjadi. Salah satu pembaharuan data yang diperlukan adalah dengan menghasilkan peta berbasis kerentanan seismik. Pada tahapan diskusi ini, ditentukan pula sebaran titik yang akan diukur. Total terdapat 200 titik yang diukur dan tersebar di Kota Bengkulu (Gambar 3). Pengukuran dilakukan dengan menanamkan atau menaruh sensor seismometer di dalam maupun di permukaan tanah. Selanjutnya pada Gambar 4 menunjukkan proses pengukuran di lapangan untuk memperoleh parameter data fisik.



Gambar 3. Peta sebaran lokasi pengukuran geofisik

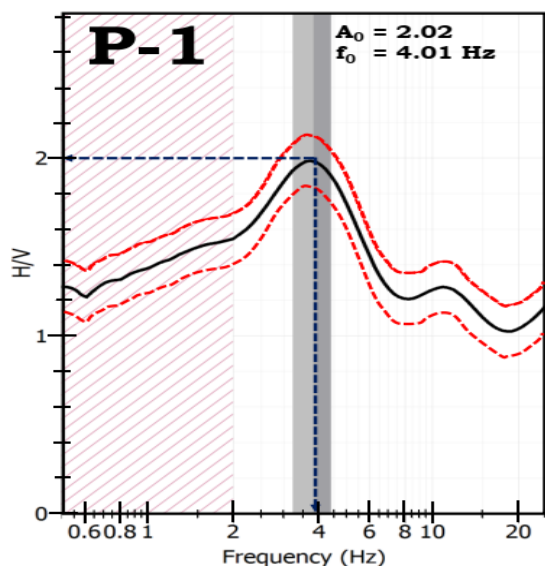


Gambar 4. Proses pengukuran lapangan menggunakan seismometer untuk mendapatkan parameter geofisik (Mase et al., 2023) (a) seismometer, GPS dan Kompas yang digunakan untuk merekam gelombang seismik natural setiap titik pengukuran. (b) tampilan seismogram yang terekam dalam sebuah laptop pengguna

Pengolahan Data dan Validasi

Setelah melakukan pengukuran di lokasi yang ditentukan, Langkah berikutnya adalah dengan melakukan pengolahan data. Hasil yang diperoleh

dari pengukuran lapangan adalah berupa data seismograf yang dapat diolah menjadi kurva rasio spektra horizontal dan vertikal atau kurva H/V (Gambar 5). Metode pengukuran ini dipopulerkan oleh Nakamura (1989) dan saat ini telah banyak diterapkan dalam pengukuran parameter geofisik di berbagai belahan dunia seperti Qodri et al. (2021) di Area Metropolitan Bangkok, Mase et al. (2022) di Area Perbatasan Thailand-Myanmar, El-Hady et al., (2012) untuk wilayah Marsha Alam, Mesir, dan lain sebagainya. Pada Gambar 5 hasil yang diperoleh ada kurva yang mendeskripsikan perbandingan antara amplifikasi atau spektra respon untuk gelombang horizontal dan gelombang vertikal. Pada Gambar 5 terlihat bahwa parameter geofisika A_0 dan f_0 ditampilkan. Parameter A_0 berkaitan dengan fenomena impedansi kontras antara batuan dan perlapisan sedimen, sedangkan f_0 berkaitan dengan ketebalan sedimen lunak. Sebagai kontrol kehandalan data, kriteria yang disarankan oleh SESAME (2004) menjadi dasar utama menentukan ketepatan data untuk kurva H/V.



Gambar 5. Contoh hasil pengukuran geofisika menggunakan seismometer yang diinterpretasikan ke dalam kurva H/V (Mase et al., 2021)

Analisis Data

Setelah tahapan pengolahan data dirampungkan, tahapan berikutnya adalah melakukan analisis data geofisika dan kerentanan seismik. Indeks kerentanan seismik atau *seismic vulnerability index* (K_g) diperoleh dari persamaan (1).

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (1)$$

dimana K_g adalah indeks kerentanan seismik. Secara umum semakin besar nilai A_0 maka semakin tinggi

pula nilai indeks kerentanan seismik dan sebaliknya. Semakin rendah nilai f_0 maka semakin tinggi pula indeks kerentanan seismik dan sebaliknya.

Akkaya (2020) menyebutkan bahwa klasifikasi tingkat kerentanan dapat diperoleh dari rentang nilai indeks kerentanan seismik yang dihitung dari Persamaan 1. Nilai $K_g \leq 3$ mendefinisikan tingkat kerentanan rendah, nilai $3 < K_g \leq 5$ mendefinisikan tingkat kerentanan sedang, nilai $5 < K_g \leq 10$ mendefinisikan tingkat kerentanan tinggi, dan nilai $K_g > 10$ mendefinisikan tingkat kerentanan sangat tinggi.

Selain menghitung K_g , besarnya periode resonansi untuk bangunan gedung juga diestimasi dalam tahapan analisis. Gosar (2010) menjelaskan bahwa nilai periode resonansi dipergunakan untuk memperkirakan bangunan berlantai berapa yang dapat berpotensi mengalami dampak kerusakan yang maksimal saat terjadi aktivitas seismik (gempa). Periode resonansi atau T_0 dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2).

$$T_0 = \frac{1}{f_0} \quad (2)$$

dimana T_0 adalah adalah periode resonansi atau periode dominan pada suatu wilayah yang distudi. Dalam kaitannya dengan jumlah lantai bangunan, Mase et al., (2018) menjelaskan bahwa periode getar bangunan gedung dapat secara sederhana digambarkan seperti pada Persamaan (3).

$$T_n = 0,1n \quad (3)$$

dimana n adalah jumlah lantai bangunan gedung. Intensitas kerusakan akan menjadi semakin parah apabila nilai $T_0 \approx T_n$.

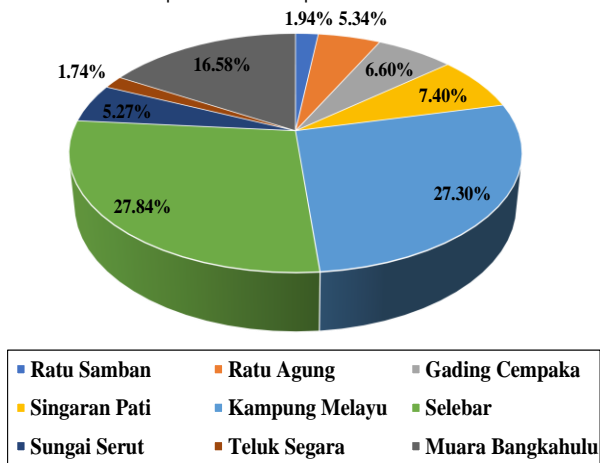
Ekspos Hasil Analisis dan Rekomendasi

Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik dan diagram, yang kemudian dipaparkan pada kegiatan sosialisasi kepada mitra dan stakeholder lainnya. Dalam hal ini kegiatan sosialisasi dilakukan bersamaan dengan penyusunan draft nol rencana kontigensi penanggulangan gempa dan tsunami di Kota Bengkulu. Dari hasil sosialisasi selanjutnya diperoleh rekomendasi kegiatan yang dapat dilakukan di masa depan, guna menggugah sekaligus meningkatkan budaya sadar tsunami di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN Sebaran Data

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2022), luas wilayah Kota Bengkulu adalah 146.877 km². Kota Bengkulu terdiri dari 9 Kecamatan, yaitu Ratu Samban, Ratu Agung, Gading Cempaka, Singaran Pati, Kampung Melayu, Selebar, Sungai Serut, Teluk Segara, dan Muara Bangkahulu. Dalam kegiatan pengabdian ini, Ratu Agung, Ratu Samban, dan Gading Cempak dikategorikan sebagai zona pesisir.

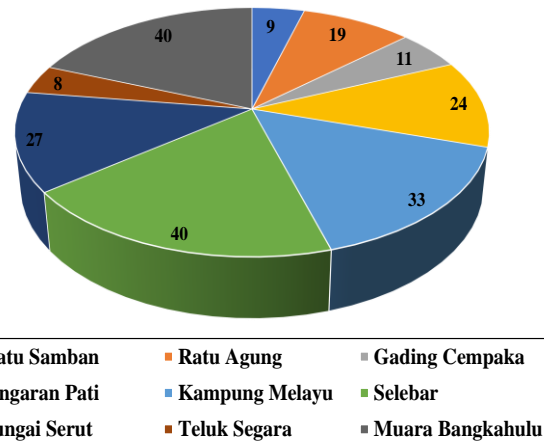
Singaran pati sebagai zona konservasi, Kampung Melayu sebagai zona pelabuhan lokal, Selebar sebagai zona perkembangan wilayah kota. Sungai Serut dan Teluk Segara sebagai zona aliran sungai utama Kota Bengkulu, dan Muara Bangkahulu sebagai zona dataran Daerah Aliran Sungai (DAS) Muara Bangkahulu Hilir. Secara umum persentase luas wilayah di Kota Bengkulu untuk setiap kecamatan diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Persentase luas wilayah di tiap kecamatan yang tersebar di Kota Bengkulu

Total luas wilayah Kota Bengkulu adalah $\pm 146.877 \text{ km}^2$. Kecamatan Selebar merupakan kecamatan paling luas di Kota Bengkulu, sedangkan Kecamatan Teluk Segara merupakan kecamatan paling sempit di Kota Bengkulu diikuti Kecamatan Ratu Samban. Kecamatan Kampung Melayu merupakan kecamatan terluas setelah Kecamatan Selebar diikuti oleh Kecamatan Gading Cempaka. Kecamatan lainnya seperti Singaran Pati, Sungai Serut dan Ratu Agung masing-masing memiliki luasan sekitar 5 sampai dengan 7,5% dari total luas wilayah di Kota Bengkulu atau berkisar pada 7.344 km^2 sampai dengan 11.016 km^2 .

Dari sembilan kecamatan tersebut, dilakukan pengukuran sebanyak 211 titik. Penentuan 211 titik tersebut mempertimbangkan ketersediaan lahan dan ruang untuk melakukan pengukuran, sehingga dapat memperoleh hasil yang representatif dan reliabel. Gambar 7 memperlihatkan sebaran jumlah titik pengukuran yang tersebar di sembilan kecamatan. Kecamatan Selebar dan Kecamatan Muara Bangkahulu memiliki jumlah titik pengukuran terbanyak. Hal ini mempertimbangkan kondisi ketersediaan tempat pengukuran dan perkembangan wilayah. Kecamatan Selebar merupakan wilayah cukup signifikan berkembang di Kota Bengkulu, begitu pula Kecamatan Muara Bangkahulu yang saat ini banyak muncul cluster-cluster perumahan penduduk.



Gambar 7. Jumlah sebaran titik pengukuran di Kota Bengkulu

Pengukuran di Lapangan

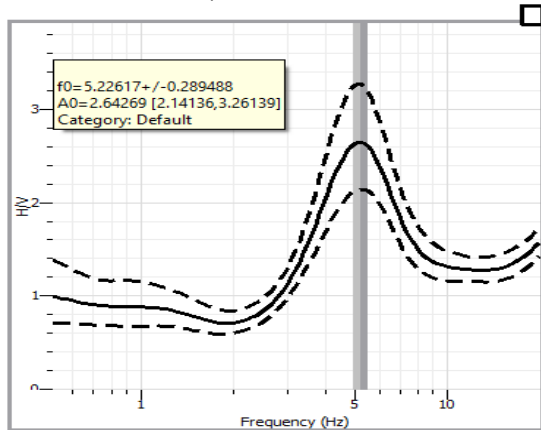
Dalam prakteknya, pengukuran mikrotremor perlu dilakukan pada wilayah yang cukup luas dan sunyi. Perumahan yang padat penduduk, di tepi jalan raya dengan lalu lintas padat, dan juga di tepi pantai dengan ombak yang tinggi, sangat sulit untuk mendapatkan gelombang mikro yang representatif. Contoh pengukuran lapangan yang dilakukan dalam kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 8. Pada Gambar 8a, diperlihatkan tahapan penentuan lokasi yang representatif untuk melakukan pengukuran. Tim pengukur lapangan harus hati-hati dalam menentukan lokasi. Kondisi lahan yang bergelombang dan tidak rata dapat saja mempengaruhi kualitas pengukuran. Pada Gambar 8b, proses pengukuran dilakukan. Proses perekaman gelombang mikro memerlukan waktu lebih kurang 20 hingga 30 menit. Selain itu, pengukuran diawali dengan pemanasan alat digitisers untuk meminimalisir noise yang dapat muncul selama pengukuran.



Gambar 8. Proses pengukuran gelombang mikro di lapangan (a) penentuan lokasi pengukuran, (b) perekaman gelombang mikro

Setelah proses perekaman gelombang mikro dilakukan maka dilakukanlah proses pengolahan data. Data gelombang mikro yang diperoleh

diproses menjadi kurva H/V yang memperlihatkan hubungan antara nilai H/V terhadap frekuensi (Gambar 9). Nilai puncak grafik H/V disebut sebagai amplifikasi atau A_0 , sedangkan nilai saat frekuensi saat A_0 disebut sebagai frekuensi natural atau f_0 . Nilai amplifikasi mendeskripsikan adanya impedansi antara batuan dan sedimen. Hal ini memiliki pengertian bahwa terdapat dua buah lapisan yang memiliki dua kontras impedansi yang berbeda. Semakin besar nilai A_0 , maka semakin besar pula potensi kerentanan seismiknya.



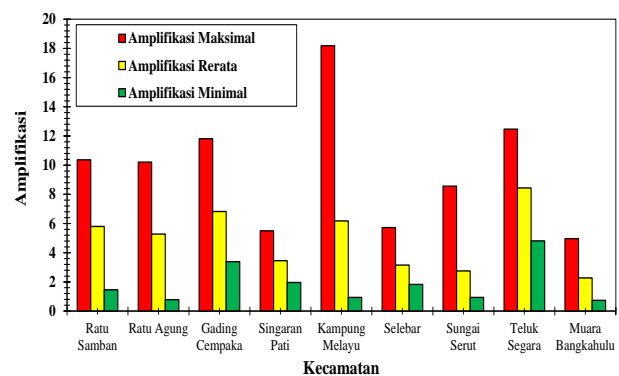
Gambar 9. Kurva H/V yang diperoleh dari pengukuran di lapangan

Nilai f_0 mengindikasikan perlapisan sedimen lunak pada suatu area. Semakin rendah nilai frekuensi maka semakin tebal pula ketebalan sedimen lunak pada area tersebut. Dalam aspek geoteknik, Farid & Mase (2020) menyebutkan bahwa semakin rendah nilai frekuensi natural maka semakin besar pula potensi kerentanan seismik pada wilayah tersebut. Beberapa studi yang dilakukan oleh Gosar (2010), El-Hady et al., (2012), Kockar & Akgun (2012) telah mengkonfirmasi bahwa area yang memiliki lapisan lunak yang cukup tinggi dan nilai amplifikasi yang besar cenderung memiliki kerentanan seismik yang cukup tinggi. Oleh karena itu, pengetahuan mengenai aspek geofisik ini harus dipahami secara menyeluruh oleh semua pihak dan pemerintah, termasuk masyarakat luas, khususnya dalam rangka mengembangkan rencana tata ruang dan wilayah yang berbasis mitigasi bencana seismik. Selanjutnya nilai parameter geofisik berupa amplifikasi dan frekuensi dominan tadi dikumpulkan dan dianalisis.

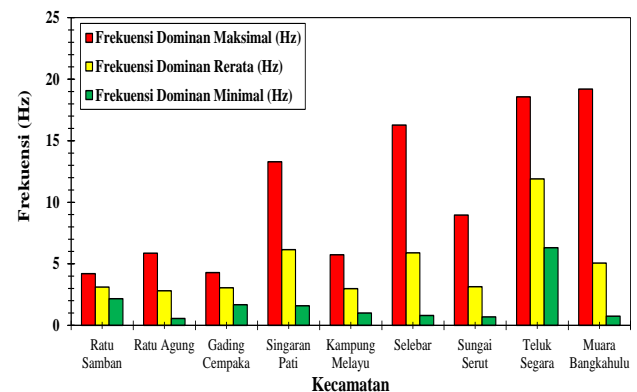
Nilai Sebaran

Gambar 10 memperlihatkan sebaran maksimum, dan rerata untuk nilai A_0 yang diperoleh dari pengukuran geofisika. Nilai amplifikasi maksimal, nilai amplifikasi minimal, dan rerata pada masing-masing kecamatan. Terlihat bahwa nilai amplifikasi maksimal di Kecamatan Kampung

Melayu, sebesar 18,2 adalah yang tertinggi di antara semua kecamatan di Kota Bengkulu, sedangkan untuk yang terkecil sebesar 5,0 ditemukan di Kecamatan Muara Bangkahulu. Untuk nilai amplifikasi minimal terbesar berada pada Kecamatan Teluk Segara dengan nilai sebesar 4,8, dan yang terkecil berada pada Kecamatan Muara Bangkahulu, yaitu sebesar 0,73 Mengacu pada hasil yang tertera pada Gambar 10, diperoleh amplifikasi rerata di setiap kecamatan, dimana Kecamatan Teluk Segara memiliki amplifikasi rerata tertinggi dengan nilai 8,4. Untuk nilai amplifikasi rerata terendah ditemukan pada Kecamatan Sungai Serut, dengan nilai amplifikasi rerata sebesar 2,3.



Gambar 10. Sebaran nilai amplifikasi per kecamatan di Kota Bengkulu

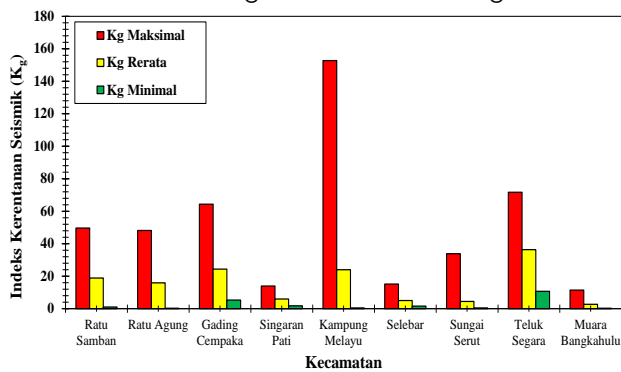


Gambar 11. Sebaran nilai frekuensi dominan per kecamatan di Kota Bengkulu

Gambar 11 menyajikan sebaran nilai frekuensi dominan per kecamatan di Kota Bengkulu. Nilai frekuensi maksimal terbesar tercatat ditemukan pada Kecamatan Muara Bangkahulu, dengan nilai frekuensi sebesar 19,2 Hz. Nilai frekuensi maksimal terkecil tercatat pada Kecamatan Ratu Samban dengan nilai sebesar 4,2 Hz. Untuk nilai frekuensi minimum terbesar tercatat pada Kecamatan Teluk Segara dengan nilai sebesar 6,3 Hz dan yang terkecil tercatat pada Ratu Agung sebesar 0,5 Hz. Nilai frekuensi rata-rata tertinggi tercatat sebesar 11,9 Hz

dan terendah tercatat sebesar 2,98 Hz. Keduanya masing-masing tercatat pada Kecamatan Teluk Segara dan Ratu Agung.

Gambar 12 memperlihatkan sebaran nilai indeks kerentanan seismik per kecamatan di Kota Bengkulu. Kampung Melayu memiliki nilai indeks kerentanan seismik maksimal tertinggi sebesar 152,8 dan Selebar memiliki nilai indeks kerentanan seismik maksimal terendah sebesar 15,1. Masing-masing Kecamatan Teluk Segara dan Ratu Agung berturut-turut memiliki nilai indeks kerentanan seismik minimal terbesar dan terendah sebesar 10,7 dan 0,28. Untuk nilai indeks kerentanan seismik rata-rata, nilai tertinggi dan terendah didapatkan pada masing-masing kecamatan Teluk Segara dan Muara Bangkahulu.



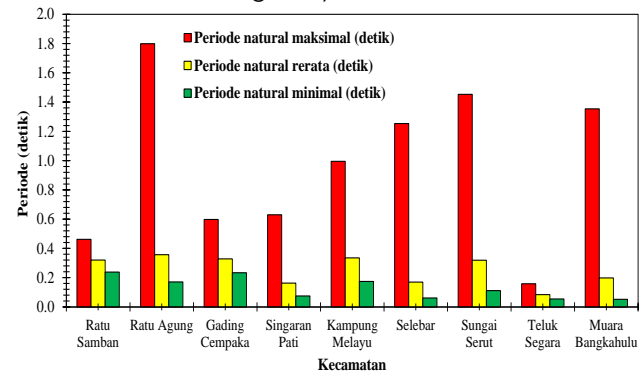
Gambar 12. Sebaran indeks kerentanan seismik per kecamatan di Kota Bengkulu

Tabel 1 memperlihatkan gambaran umum tentang kerentanan seismik di setiap kecamatan yang ada di Kota Bengkulu. Terlihat bahwa secara umum nilai kerentanan seismik dengan kategori rendah, mayoritas ditemukan di Kecamatan Muara Bangkahulu. Nilai Kerentanan sedang umumnya ditemukan di Kecamatan Sungai Serut. Beberapa kecamatan seperti Singaran Pati dan Selebar masuk dalam kategori kerentanan tinggi. Kategori kerentanan sangat tinggi ditemukan pada Kecamatan Ratu Samban, Ratu Agung, Gading Cempaka, Kampung Melayu, dan Teluk Segara.

Tabel 1. Kategori kerentanan secara umum di Kota Bengkulu

No	Kecamatan	Kategori Kerentanan (umum)
1	Ratu Samban	Sangat Tinggi
2	Ratu Agung	Sangat Tinggi
3	Gading Cempaka	Sangat Tinggi
4	Singaran Pati	Tinggi
5	Kampung Melayu	Sangat Tinggi
6	Selebar	Tinggi
7	Sungai Serut	Sedang
8	Teluk Segara	Sangat Tinggi
9	Muara Bangkahulu	Rendah

Gambar 13 memperlihatkan sebaran nilai periode natural yang berkaitan dengan resonansi bangunan gedung dengan periode maksimal terbesar diperoleh pada Kecamatan Ratu Agung, yakni sebesar 1,45 detik, dan yang terkecil diperoleh pada Kecamatan Teluk Segara sebesar 0,16 detik. Untuk periode minimal terbesar didapatkan pada Kecamatan Ratu Samban, sebesar 0,24 dan terkecil didapatkan pada Kecamatan Teluk Segara dan Muara Bangkahulu, yakni sebesar 0,05 detik. Untuk periode rata-rata terbesar didapatkan pada Kecamatan Ratu Agung dan terkecil didapatkan pada Kecamatan Teluk Segara, yakni sebesar 0,08 detik.



Gambar 13. Sebaran periode tanah per kecamatan di Kota Bengkulu

Tabel 2 memperlihatkan kerentanan bangunan gedung terhadap bencana seismik. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa bangunan gedung bertantai rendah 1 sampai dengan 2 lantai berpotensi mengalami resonansi saat terjadi bencana seismik, khususnya di Kecamatan Selebar dan Muara Bangkahulu. Untuk kemungkinan resonansi dapat terjadi pada bangunan bertantai 3 sampai dengan 4 yang berada di Kecamatan Ratu Samban, Ratu Agung, Gading Cempaka, Kampung Melayu, dan Sungai Serut. Bangunan bertantai 1 yang berada di Kecamatan Teluk Segara berpotensi mengalami resonansi saat bencana seismik terjadi.

Tabel 2. Kategori kerentanan bangunan gedung di Kota Bengkulu

No	Kecamatan	Jenis Bangunan yang rentan resonansi (umum)
1	Ratu Samban	3 s/d 4 Lantai
2	Ratu Agung	3 s/d 4 Lantai
3	Gading Cempaka	3 s/d 4 Lantai
4	Singaran Pati	1 s/d 2 Lantai
5	Kampung Melayu	3 s/d 4 Lantai
6	Selebar	1 s/d 2 Lantai
7	Sungai Serut	3 s.d 4 Lantai
8	Teluk Segara	1 Lantai
9	Muara Bangkahulu	1 s/d 2 Lantai

Sosialisasi kepada Mitra

Pengabdian berbasis riset ini menitikberatkan penerapan teknologi yang mengacu pada hasil penelitian yang selanjutnya disampaikan kepada masyarakat luas mengenai hasil yang didapatkan, khususnya dalam kaitan kerentanan seismik di Wilayah Kota Bengkulu. Kegiatan sosialisasi dilakukan bersama-sama dengan penyusunan rencana kontingensi gempa dan tsunami di Kota Bengkulu, dimana Tim Pengabdian juga ikut terlibat dalam penyusunan dokumen tersebut ([Gambar 14](#)).



Gambar 14. Sosialisasi penyusunan rencana kontingensi bencana gempa dan tsunami, serta ekspos hasil kegiatan

Kegiatan sosialisasi mengenai kerentanan seismik disampaikan oleh BMKG terlebih dahulu untuk mengulas bagaimana potensi gempa berkekuatan maksimal 8,9 SR dapat memicu terjadinya tsunami di Wilayah Bengkulu, selanjutnya tim pengabdian yang terdiri dari Dr. Ir. Rena Misliniyati, S.T., M.T., Ir. Lindung Zalbuin Mase, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM., ASEAN Eng., dan Refrizon, S.Si., M.Si. memaparkan kerentanan seismik di Kota Bengkulu, dari hasil riset yang telah dilakukan. Turut hadir dalam kegiatan ini adalah beberapa perwakilan instansi di Kota Bengkulu dan Provinsi Bengkulu seperti dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Dinas Pekerjaan Umum Kota Bengkulu, Dinas Perhubungan, Badan Urusan Logistik, Dinas Kesehatan, Korem, Polres, Badan SAR Nasional, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bengkulu, BPBD Provinsi Bengkulu, Palang Merah Indonesia Perwakilan Provinsi Bengkulu, dan lain sebagainya.

Dari hasil pemaparan, dapat dipahami oleh para audiens bahwa Kota Bengkulu memiliki tingkat kerentanan seismik yang mayoritas dikategorikan sangat tinggi. Oleh karena itu perlu adanya usaha penyuluhan lebih intensif kepada masyarakat guna membentuk budaya sadar bencana gempa di Kota Bengkulu. Setiap instansi akan mengambil perannya masing-masing dalam elemen masyarakat.

Dari hasil pemaparan didapatkan saran yang sangat membangun, yaitu perlu diperkuatnya Kembali forum peduli bencana di Kota Bengkulu yang disatukan ke dalam pentahelix ([Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2020](#)) guna pengurangan resiko bencana, yaitu pemerintah, dunia usaha, masyarakat, media, dan akademisi-pakar. Dalam hal ini tim pengabdian selaku akademisi dari perguruan tinggi mengambil peran sebagai pihak-pihak yang memberikan kontribusi berupa kajian-kajian kebencanaan yang dapat dimanfaatkan secara bersamaan. Selain itu, diperoleh pula rekomendasi dari hasil riset yang telah dilakukan ini, untuk dapat dituangkan ke dalam model grafis, berupa peta kerentanan, sehingga dapat lebih mudah dipahami oleh masyarakat luas. Ulasan terkait tentang peta kerentanan seismik di Kota Bengkulu akan disajikan lebih lanjut pada kegiatan berikutnya.

KESIMPULAN

Hasil kegiatan pengabdian berbasis riset ini menunjukkan sebaran seismik di Kota Bengkulu dapat dikatakan sangat tinggi. Hal ini menjadi pengingat bagi semua pihak untuk terus meningkatkan budaya sadar bencana gempa. Informasi sebaran seismik dapat memperkuat kajian-kajian lainnya di masa mendatang, termasuk di dalamnya adalah penyusunan rencana tata ruang dan wilayah (RTRW) di Kota Bengkulu. Dalam hal ini peranan mitra dalam menyampaikan informasi dan masukan guna menyusun RTRW berbasis bencana bagi Kota Bengkulu.

Hasil riset juga memberikan peringatan akan adanya potensi kerusakan bangunan gedung akibat bencana seismik. Oleh karena itu, penerapan perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan pekerjaan konstruksi harus ditekankan dan diterapkan semaksimal mungkin kepada seluruh pelaku konstruksi. Mitra dapat melaksanakan sosialisasi kerentanan seismik lebih lanjut kepada masyarakat. Model kerentanan seismik dalam bentuk grafis akan disusun dan disajikan pada kegiatan selanjutnya. Mitra dapat memiliki informasi kerentanan seismik yang juga dapat memperkuat salah satu komponen indeks ketahanan daerah di Kota Bengkulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini terlaksana atas dukungan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Bengkulu melalui skema pengabdian berbasis riset dengan nomor kontrak 3181/UN30.15/PM/2023. Tim Pengabdian mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada BPBD Kota Bengkulu yang menjadi mitra pada kegiatan pengabdian ini. Tim pengabdian juga mengucapkan terima kasih kepada semua

pihak yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akkaya, İ. (2020). Availability of seismic vulnerability index (K_g) in the assessment of building damage in Van, Eastern Turkey, *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 19: 189-204. <https://doi.org/10.1007/s11803-020-0556-z>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Bengkulu dalam Angka 2022*. <https://bengkulu.bps.go.id/publication/2022/02/25/e0a44c373b4c488ba071548e/provinsi-bengkulu-dalam-angka-2022.html>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2020). *Kebencanaan dan Pentahelix dalam Penanggulangan Bencana di Indonesia*. <https://bnpb.go.id/berita/kebencanaan-dan-pentahelix-dalam-penanggulangan-bencana-di-indonesia>
- El-Hady, S., Fergany, E. A. A., Othman, A., & ElKareem Abdrabou Mohamed, G., (2012). Seismic microzonation of Marsa Alam, Egypt using inversion HVSR of microtremor observations. *Journal of seismology*, 16: 55-66. <https://doi.org/10.1007/s10950-011-9249-4>
- Farid, M., & Mase, L. Z. (2020). Implementation of seismic hazard mitigation on the basis of ground shear strain indicator for spatial plan of Bengkulu City, Indonesia, *International Journal of Geomate*, 18(69): 199-207. <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/1539>
- Gosar, A., (2010). Site effects and soil-structure resonance study in the Kobarid basin (NW Slovenia) using microtremors, *Natural hazards and earth system sciences*, 10(4): 761-772. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-761-2010, 2010>
- Inarisk. (2021). *IRBI Indeks Risiko Bencana Indonesia Tahun 2021*. <https://inarisk.bnpb.go.id/PDF/BUKU%20IRBI%202021.PDF>
- Koçkar, M. K., & Akgün, H. (2012), Evaluation of the site effects of the Ankara basin, Turkey. *Journal of Applied Geophysics*, 83: 120-134. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.05.007>
- Mase L.Z., Misliniyati, R., & Refrizon (2023). *Modul: Pengukuran Kerentanan Seismik Menggunakan Seismometer*. Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Mase, L.Z. (2020). Seismic hazard vulnerability of Bengkulu City, Indonesia, based on deterministic seismic hazard analysis, *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(5): 5433-5455. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01375-6>
- Mase, L.Z., & Keawsawasvong, S. (2022). Seismic hazard maps of Bengkulu City, Indonesia, considering probabilistic spectral response for medium and stiff soils. *The Open Civil Engineering Journal*, 16(1), e187414952210210. <https://doi.org/10.2174/18741495-v16-e221021-2022-49>
- Mase, L.Z., Likitlersuang, S., & Tobita, T. (2018). Analysis of seismic ground response caused during strong earthquake in Northern Thailand., *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 114: 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.07.006>
- Mase, L. Z., Likitlersuang, S., & Tobita, T. (2022), Verification of liquefaction potential during the strong earthquake at the border of Thailand-Myanmar, *Journal of Earthquake Engineering*, 26(4): 2023-2050. <https://doi.org/10.1080/13632469.2020.1751346>
- Mase, L. Z., Sugianto, N., & Refrizon. (2021). Seismic hazard microzonation of Bengkulu city, Indonesia, *Geoenvironmental Disasters*, 8(5): 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40677-021-00178-y>
- Misliniyati, R., Mase, L. Z., Syahbana, A. J., & Soebowo, E. (2018). Seismic hazard mitigation for Bengkulu Coastal area based on site class analysis, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 212(1): p. 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012004>
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports*, 30(1): 25-33. <https://trid.trb.org/view/294184>
- Qodri, M. F., Mase, L. Z., & Likitlersuang, S. (2021). Non-linear site response analysis of Bangkok subsoils due to earthquakes triggered by Three Pagodas Fault. *Engineering Journal*, 25(1): 43-52. <https://doi.org/10.4186/ej.2021.25.1.43>
- SESAME. [2004]. *Guidelines for the implementation of H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements, processing, and interpretations*. SESAME. http://sesame.geopsy.org/Delivrables/Del-D23-HV_User_Guidelines.pdf