

Pemetaan Zona Indeks Kerentanan Seismik di Lingkungan Universitas Bengkulu

Devicawati*), Bhakti Karyadi, Henny Johan, Muhammad Farid, Endang Widi Winarni
Universitas Bengkulu

Email korespodensi : devicawati41@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v21i3.18791>

Submitted: 23 February 2024; Accepted: 29 Mei 2024

ABSTRAK- Bengkulu salah satu daerah yang beresiko tinggi terhadap ancaman bencana gempa bumi. Berdasarkan hal tersebut dilakukan upaya untuk mewujudkan kota siaga bencana, contohnya tempat evakuasi sementara. Salah satunya Universitas Bengkulu, berdasarkan observasi yang dilakukan terdapat 4 titik kumpul yang ada di lingkungan Universitas Bengkulu. Ada yang fungsional dan ada beberapa yang tidak fungsional karena belum memenuhi kriteria penentuan titik kumpul evakuasi bencana, termasuk indeks kerentanan tanah yang belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona indeks kerentanan seismik di lingkungan Universitas Bengkulu. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur mikrotremor *portable (broadband seismometer PASI Gemini2 triaxialgeophone)* yang menghasilkan data mikrotremor. Analisis mikrotremor dilakukan dengan penerapan metode *Horizontal To Vertical Spectrum Ratio (HVSr)* menggunakan *software Geopsy*. Pengukuran dilakukan pada 12 stasiun pengukuran. Hasilnya menunjukkan data indeks kerentanan seismik diperoleh tiga kategori, untuk indeks kerentanan seismik kategori rendah terdapat pada stasiun pengukuran ST 2, ST 3, ST 4, ST 6, ST 7, ST 8, ST 9, ST 10, ST 11 dan ST 12 dengan rentan nilai < 3 . Zona – zona tersebut dapat dijadikan sebagai titik kumpul. Indeks kerentanan seismik kategori sedang terdapat pada stasiun pengukuran ST 1 dan ST 5 dengan rentan nilai $3 - 6$. Pengukuran pada penelitian ini tidak terdapat stasiun pengukuran yang termasuk zona kerentanan seismik kategori tinggi, karena nilai indeks kerentanan seismik pada semua stasiun pengukuran bernilai < 6 .

KATA KUNCI: gempa bumi, geopsy; indeks kerentanan seismik; mikrotremor

ABSTRACT- Bengkulu is one of the areas at high risk of the threat of earthquake disasters. Based on this, efforts are being made to create a disaster prepared city, for example a temporary evacuation site. One of them is Bengkulu University, based on observations made there are 4 gathering points within the Bengkulu University area. Some are functional and some are not functional because they do not meet the criteria for determining the disaster evacuation gathering point, including the unknown land vulnerability index. This research aims to map seismic vulnerability index zones in the Bengkulu University environment. Measurements were carried out using a portable microtremor measuring instrument (*broadband seismometer PASI Gemini2 triaxialgeophone*) which produces microtremor data. Microtremor analysis was carried out by applying the *Horizontal To Vertical Spectrum Ratio (HVSr)* method using *Geopsy* software. Measurements were carried out at 12 measuring stations. The results show that the seismic vulnerability index data was obtained in three categories, for the low category of seismic vulnerability index at measurement stations ST 2, ST 3, ST 4, ST 6, ST 7, ST 8, ST 9, ST 10, ST 11 and ST 12 with vulnerable value < 3 . The medium category seismic vulnerability index is found at ST 1 and ST 5 measuring stations with a vulnerable value of $3 - 6$. In the measurements in this study there are no measuring stations that fall into the high category seismic vulnerability zone, because the seismic vulnerability index value at all stations measurement value < 6 . Zones that have a low vulnerability index can be used as gathering points.

KEYWORDS : earthquake, geopsy; seismic vulnerability index; microtremors

PENDAHULUAN

Bengkulu merupakan daerah yang beresiko tinggi terhadap ancaman bencana alam. Salah satu ancaman bencana alam tersebut adalah gempa bumi. Adapun potensi gempa yang terdapat di kawasan Bengkulu adalah karena pertemuan lempeng aktif Indoaustralia dan Eurasia di lepas laut samudra Indonesia. Selain itu, Bengkulu juga berada diantara dua patahan aktif yakni patahan Semangko dan Mentawai (Daiana et al., 2021). Bengkulu telah digoncang dua kali gempa tektonik berskala besar pada tahun 2000 dengan kekuatan 7,9 M dan tahun 2007 dengan kekuatan 8,4 M yang telah banyak menelan korban jiwa, harta benda, dan menghancurkan fasilitas umum (Citra et al., 2020).

Lestari et al., (2018) mengatakan bahwa gempa tahun 2000 menyebabkan lebih dari 90 orang meninggal dan 18.928 tempat tinggal rusak ringan dan 10.460 rusak berat, serta merusakkan sarana dan prasarana seperti instalasi air bersih, jalan, jembatan, saluran drainase, perkantoran pemerintah, sekolah, pasar dan rumah sakit. Gempa pada tahun 2007 ang menyebabkan 3 orang meninggal dunia, lebih dari 1.400 rumah rusak ringan dan 2000 rusak berat.

Berdasarkan hal tersebut tentunya pemerintah Kota Bengkulu melakukan upaya dalam mewujudkan Bengkulu kota siaga bencana, masyarakat yang siap, tanggap dan tangguh menghadapi bencana. Upaya-upaya yang dilakukan antara lain adanya sirene peringatan dini bencana, tempat evakuasi sementara, rambu-rambu bencana, jalur evakuasi, titik berkumpul dan dalam rangka melindungi dan memberikan rasa aman dan nyaman bagi masyarakat dalam RT RW, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bengkulu menetapkan pula ruang evakuasi tsunami. Salah satunya yaitu kampus Universitas Bengkulu. Universitas Bengkulu juga melakukan upaya mitigasi bencana gempa bumi dan tsunami di lingkungan kampus.

Hasil observasi yang telah dilakukan, kampus Universitas Bengkulu memiliki 4 zona titik kumpul. Namun, ada yang

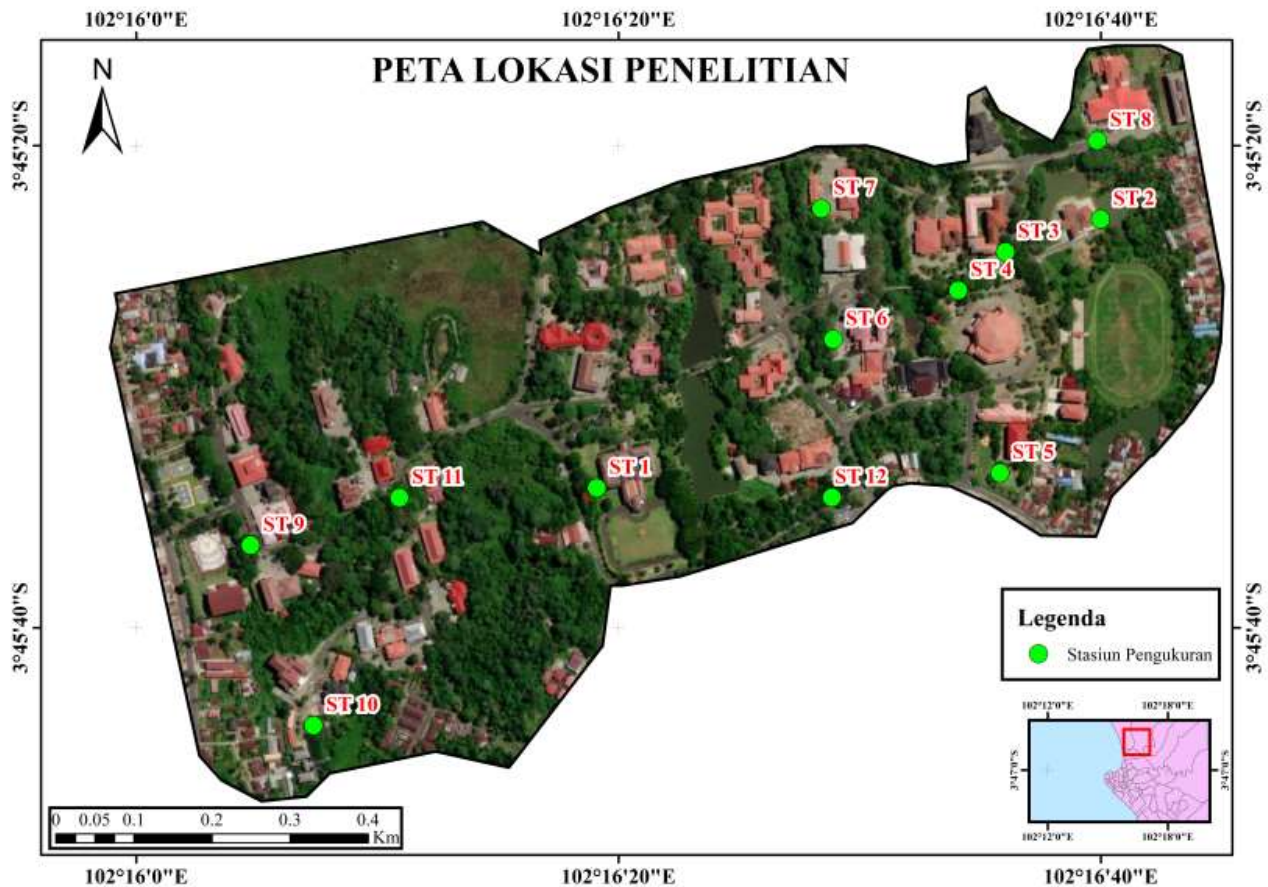
fungsional dan ada beberapa yang tidak fungsional karena belum memenuhi kriteria penentuan titik kumpul evakuasi bencana, termasuk indeks kerentanan tanah yang belum diketahui. Dengan demikian, maka mengetahui tingkat kerentanan diperlukan sebagai langkah awal untuk mengurangi resiko bencana gempa bumi. Kerentanan seismik merupakan suatu sifat intrinsik struktur bangunan, suatu sifat dari perilakunya sendiri terhadap aksi seismik yang digambarkan dengan hubungan sebab-akibat, dimana gempa bumi adalah penyebabnya, dan akibat adalah kerusakan yang diderita (Eudave et al., 2022).

Berdasarkan hal tersebut, bagaimana pemetaan zona indeks kerentanan seismik yang ada di lingkungan Universitas Bengkulu. Penelitian ini membahas tentang pemetaan zona indeks kerentanan seismik yang ada di lingkungan Universitas Bengkulu. Indeks kerentanan seismik (K_g) diperoleh dari data mikrotremor. Data mikrotremor diperoleh dari pengukuran menggunakan alat ukur mikrotremor periode pendek. Analisis mikrotremor untuk penelitian respon tanah dilakukan dengan penerapan metode *Horizontal To Vertical Spectrum Ratio* (HVSr), salah satu metode pengolahan data mikrotremor untuk menentukan karakteristik dinamis seperti periode dominan dan faktor amplifikasi dari suatu lapisan sedimen, dengan mengukur bising pada suatu tempat pada 3 komponen arah sekaligus yakni Utara-Selatan, Timur Barat dan Vertikal yang menghasilkan perbandingan frekuensi natural pada ketiga komponen tersebut, didasarkan pada asumsi komponen vertikal tidak teramplifikasi pada frekuensi fundamental (f_0) (Maimun et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi natural (f_0), amplifikasi (A_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g) serta memetakan zona indeks kerentanan seismik di lingkungan Universitas Bengkulu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1-2 Desember 2023 di lingkungan kampus



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian

Keterangan lokasi penelitian: ST 1: Rektorat, ST 2: Dekanat FKIP Baru, ST 3: Gedung Bersama IV, ST 4: Gedung Serba Guna, ST 5: Fakultas Teknik, ST 6: Fakultas FKIP, ST 7: Fakultas FMIPA, ST 8: Fakultas Kedokteran, ST 9: Fakultas Hukum, ST 10: Fakultas Ekonomi dan Bisnis, ST 11: Fakultas Pertanian, ST 12: Fakultas Ilmu Politik dan Sosial.

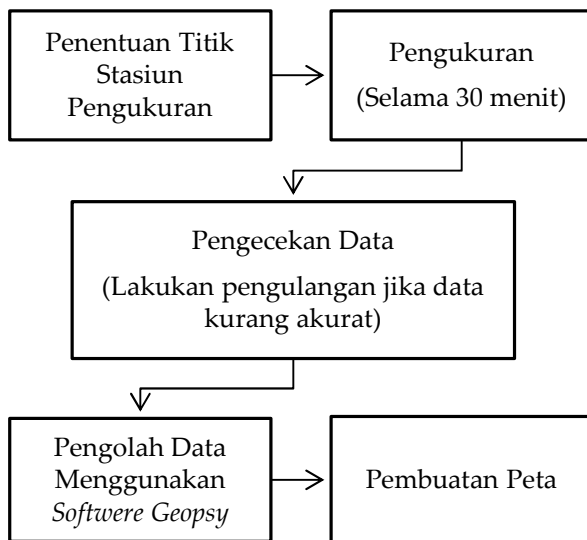
Universitas Bengkulu. Sampel stasiun pengukuran indeks kerentanan tanah ada 12 stasiun pengukuran diambil dengan teknik *Purposive sampling*, untuk mengetahui indeks kerentanan seismik disetiap fakultas dan titik kumpul yang telah ditentukan oleh pihak kampus. *Purposive sampling* yaitu teknik sampling yang digunakan peneliti jika peneliti mempunyai pertimbangan-pertimbangan tertentu didalam pengambilan sampelnya atau penentuan sampel untuk tujuan tertentu (Santina et al., 2021). Stasiun tersebut yaitu berada di titik kumpul yang telah ditentukan oleh pihak kampus Universitas Bengkulu dan disetiap fakultas yang ada di Universitas Bengkulu yaitu fakultas pertanian, fakultas ekonomi dan bisnis, fakultas hukum, fakultas ilmu sosial dan politik, fakultas teknik, fakultas keguruan dan ilmu pendidikan, fakultas kedokteran

dan ilmu kesehatan, fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam.

Penelitian ini menggunakan *mikrotremor portable (broadband seismometer PASI Gemini2 triaxialgeophone)* untuk perekaman data pengukuran, GPS digunakan untuk mengamati posisi koordinat stasiun pengukuran, kompas digunakan untuk menentukan arah pemasangan sensor pada mikrotremor portable, laptop digunakan untuk menampilkan perekaman data pengukuran dan mengolah data hasil pengukuran.

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data mikrotremor. Hal pertama yang dilakukan yaitu menentukan titik stasiun pengukuran dan lama pengukuran. Mengatur posisi alat mikrotremor sesuai dengan arah sensor pada mikrotremor portable, diletakkan sejajar dengan bidang dan tidak miring terhadap permukaan tanah.

Melalui web interface, diatur lama pengambilan data dan frekuensi sampling. Pengukuran pada setiap stasiun dicatat latitude, dan longitude di data sheet. Pada saat pengukuran berlangsung dilarang terjadi kebisingan agar tidak mempengaruhi data yang diambil (*noise*). Penyimpanan data dilakukan ketika alat mikrotremor selesai melakukan perekaman data. Pengukuran dilakukan secara bergantian setiap stasiunnya, hingga semua stasiun sudah diukur. Pengambilan data ulang bisa dilakukan jika data awal dianggap kurang akurat karena gangguan suara saat pengukuran atau gangguan lainnya. Berikut ini adalah gambar alur penelitian.



Gambar 2 Alur Penelitian

Hasil pengukuran oleh mikrotremor portable diperoleh data berupa gambar yang mengilustrasikan sebuah getaran. Gambar tersebut selanjutnya diolah menggunakan *software Geopsy* menggunakan metode HVSR untuk diperoleh nilai amplifikasi (A_0) dan frekuensi natural (f_0). Nilai amplifikasi dan frekuensi natural digunakan untuk perhitungan indeks kerentanan seismik. Nilai indeks kerentanan seismik diperoleh dengan menggunakan Persamaan 1.

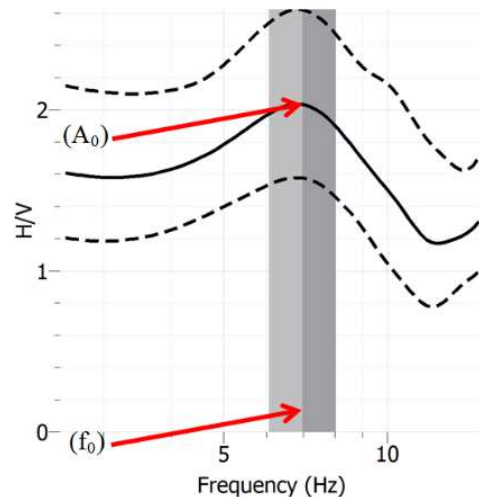
$$Kg = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (1)$$

Dengan Kg adalah indeks kerentanan seismik, A_0 adalah faktor amplifikasi (C_m), f_0 adalah frekuensi natural (Hz), dan nilai klasifikasi nilai indeks kerentanan seismik ditunjukkan

pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi nilai indeks kerentanan seismik (Refrizon, 2013)

Zona	Nilai Kg
Rendah	< 3
Sedang	3 – 6
Tinggi	> 6



Gambar 3 Kurva H/V Stasiun 2

Tabel 3 Data hasil pengukuran mikrotremor

Stasiun	Frekuensi Natural (f_0)	Amplifikasi (A_0)	Indeks Kerentanan Seismik (Kg)
ST 1	1,34	2,72	5,52
ST 2	6,98	2,03	0,59
ST 3	7,80	1,91	0,47
ST 4	4,92	3,24	2,13
ST 5	2,20	3,06	4,26
ST 6	5,10	3,32	2,16
ST 7	6,56	2,68	1,09
ST 8	4,11	1,97	0,94
ST 9	4,81	2,19	0,99
ST 10	8,22	2,18	0,58
ST 11	6,62	3,15	1,50
ST 12	2,51	2,47	2,43

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode HVSR merupakan perhitungan data mikrotremor dengan cara menghitung perbandingan komponen horizontal (H) dan komponen vertikal (V) yang terjadi pada spektrum getaran tanah pada setiap data yang diakusisi (Muhtar et al., 2016). Hasil analisis data mikrotremor dengan menggunakan

metode HVSR ini adalah kurva H/V dengan puncak kurva adalah frekuensi natural (f_0) dan amplifikasi (A_0) (Gambar 3).

Gambar 3 menggambarkan kurva H/V pada stasiun 2 dengan nilai frekuensi natural (f_0) secara horizontal dan nilai amplifikasi (A_0) secara vertikal. Nilai frekuensi natural (f_0) dan amplifikasi (A_0) yang terdapat dikurva H/V dapat dicatat hasilnya pada tabel pengukuran dan digunakan untuk mengetahui nilai indeks kerentanan seismiknya. Nilai frekuensi natural (f_0), amplifikasi (A_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g), dapat dilihat pada Tabel 3.

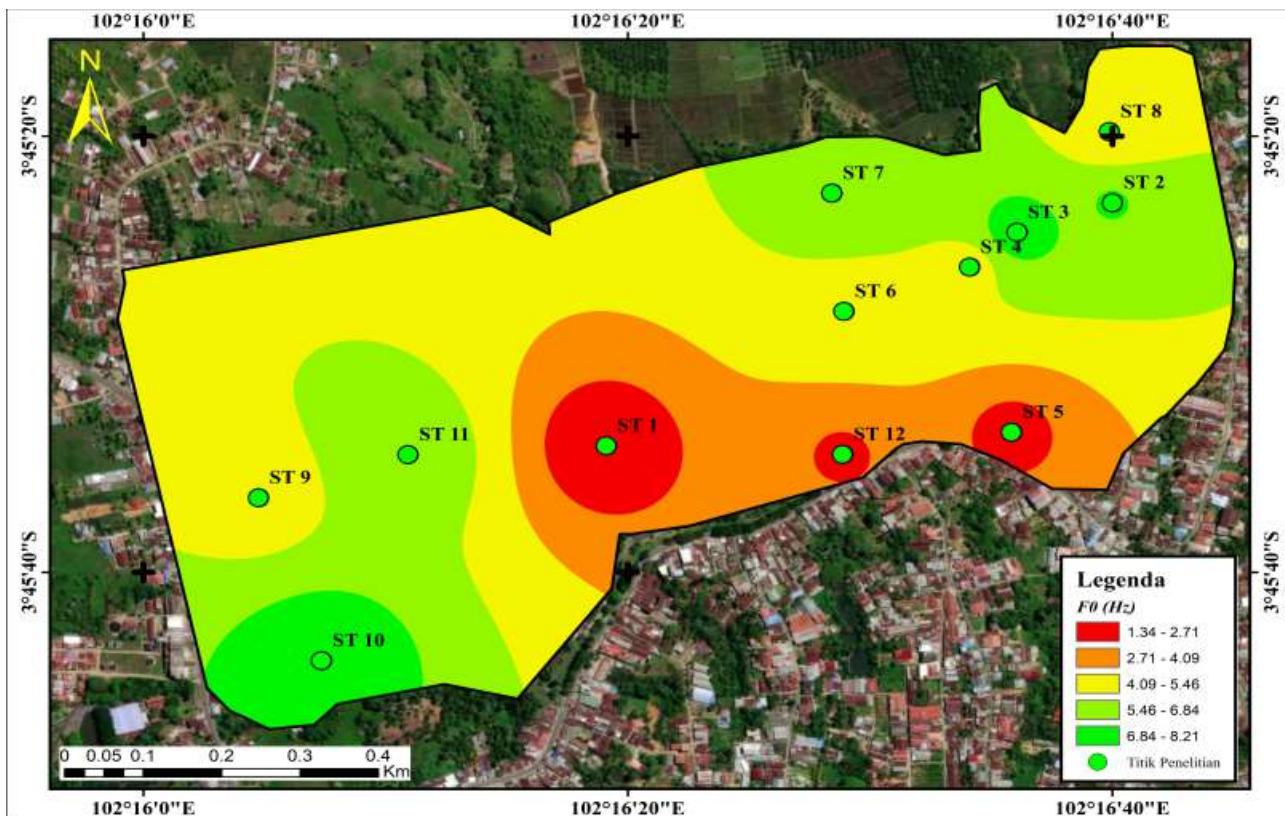
Peta sebaran frekuensi natural (f_0) di Lingkungan Universitas Bengkulu

Nilai frekuensi natural (f_0) pada tabel 3 berkisar antara 1,34 – 8,22 Hz. Adapun peta sebaran nilai frekuensi natural (f_0) di lingkungan Universitas Bengkulu dapat dilihat pada Gambar 4. Sebaran nilai frekuensi yang diperoleh dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa frekuensi tinggi berada

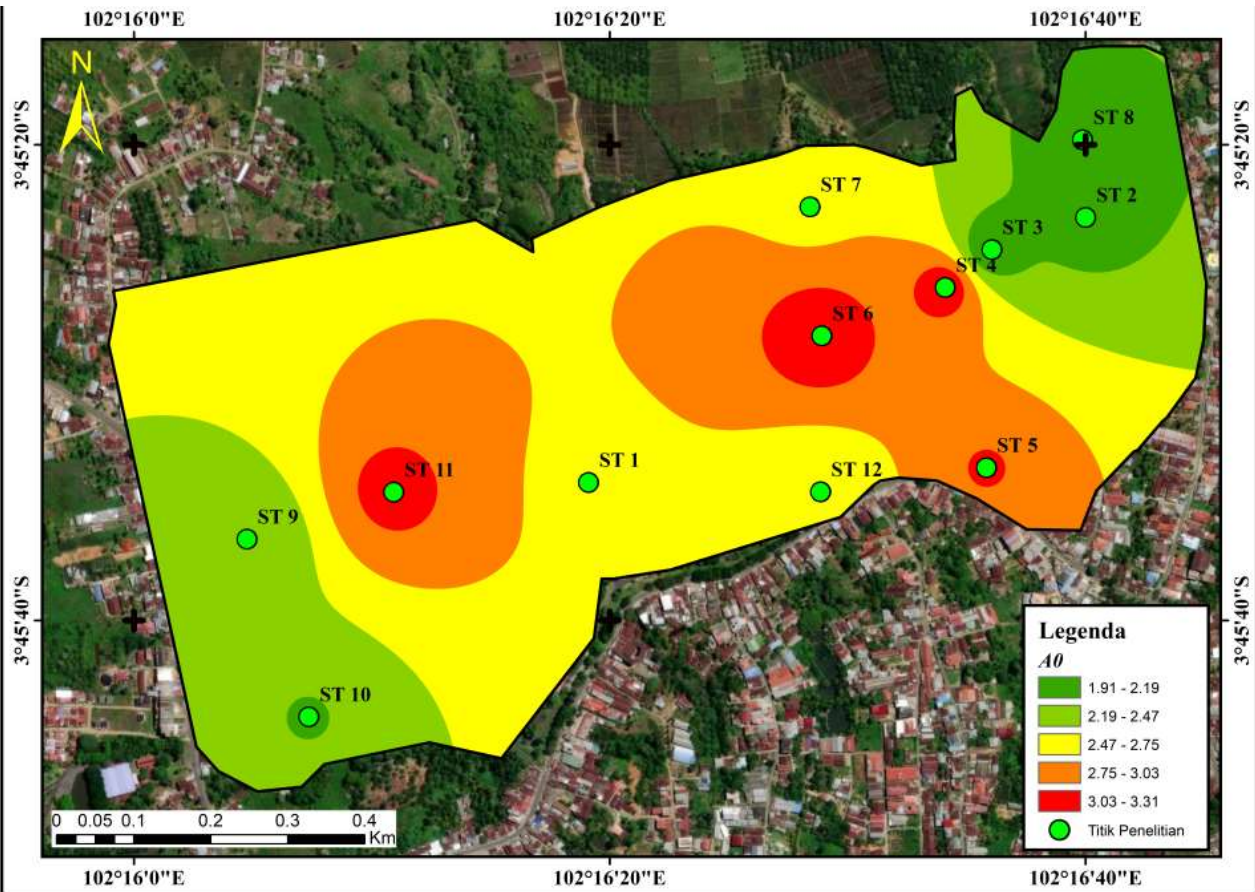
di stasiun 10 yaitu Fakultas Ekonomi dan Bisnis. Sedangkan sebaran nilai frekuensi rendah berada di stasiun 1 yaitu Rektorat. Berdasarkan range warna yang ada pada Gambar 4 warna hijau merupakan daerah dengan frekuensi natural yang tinggi dan warna kuning dan orange merupakan daerah dengan frekuensi natural yang sedang serta warna merah dengan frekuensi yang rendah.

Peta sebaran amplifikasi (A_0) di Lingkungan Universitas Bengkulu

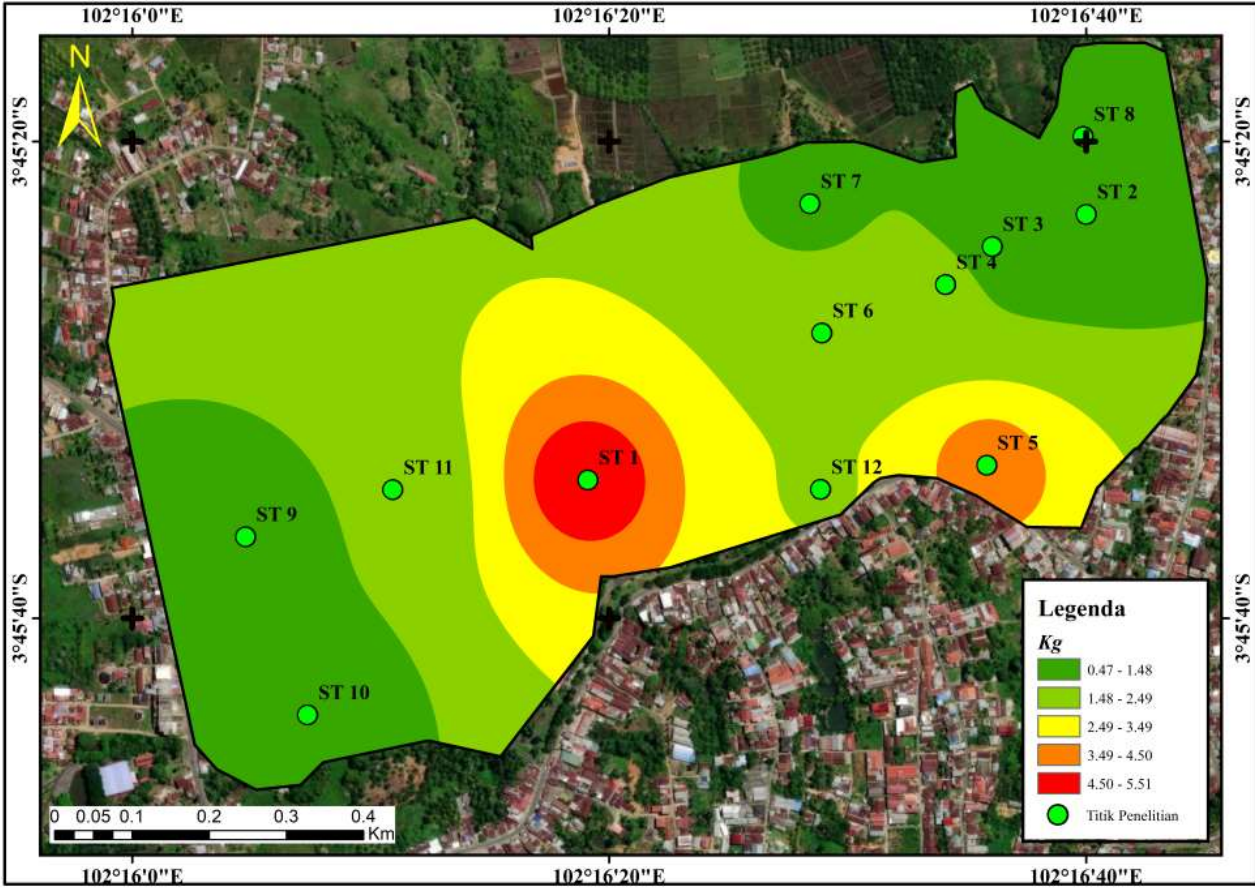
Kurva H/V juga memperlihatkan nilai amplifikasi (A_0). Nilai amplifikasi yang didapatkan berkisar antara 1,91 – 3,32. Peta sebaran nilai amplifikasi pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 5. Sebaran nilai amplifikasi yang diperoleh dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa amplifikasi tinggi berada di stasiun 6 yaitu Fakultas FKIP. Sedangkan sebaran nilai amplifikasi rendah berada di stasiun 3 yaitu Gedung Belajar IV.



Gambar 4 Peta sebaran f_0 di Lingkungan Universitas Bengkulu



Gambar 5 Peta sebaran A_0 di Lingkungan Universitas Bengkulu



Gambar 6 Peta sebaran indeks kerentanan seismik di Lingkungan Universitas Bengkulu

Berdasarkan range warna yang ada pada Gambar 5 warna hijau merupakan daerah dengan amplifikasi yang rendah dan warna kuning dan orange merupakan daerah dengan amplifikasi yang sedang serta warna merah dengan amplifikasi yang tinggi.

Peta sebaran indeks kerentanan seismik (Kg) di Lingkungan Universitas Bengkulu

Nilai frekuensi natural dan amplifikasi digunakan untuk menentukan indeks kerentanan seismik (Kg). Nilai indeks kerentanan seismik di Lingkungan Universitas Bengkulu berkisar antara 0,47 – 5,52. Adapun peta sebaran nilai indeks kerentanan seismik di lingkungan kampus Universitas Bengkulu dapat dilihat pada Gambar 6.

Penelitian ini mempunyai indeks kerentanan seismik yang bervariasi. Kerentanan seismik tinggi yaitu > 6 , indeks kerentanan sedang $3 - 6$, dan indeks kerentanan kecil < 3 . Berdasarkan range warna yang ada pada Gambar 6 warna hijau dan kuning merupakan daerah dengan zona tingkat kerentanan rendah. Orange dan merah merupakan daerah dengan zona tingkat kerentanan yang sedang karena memiliki kerentanan $3 - 6$. Zona tingkat kerentanan terendah yaitu berada di stasiun 3 (Gedung Belajar IV) dengan Kg sebesar 0,47 dan zona tingkat kerentanan tertinggi pada stasiun pengukuran yaitu berada di stasiun 1 (Rektorat) sebesar 5,52.

Zona yang memiliki karakteristik frekuensi natural rendah akan sangat rentan terhadap bahaya getaran gelombang gempa bumi periode panjang, sehingga dapat menyebabkan kerusakan bangunan yang ada di atasnya. Nilai frekuensi natural (f_0) yang kecil disebabkan oleh gelombang seismik yang terjebak pada lapisan sedimen lunak yang tebal dalam waktu yang lama sehingga daerah yang memiliki lapisan sedimen lunak yang tebal sangat mudah untuk mengalami kerusakan akibat goncangan gelombang seismik. Nilai frekuensi ini menggambarkan ketebalan lapisan sedimen permukaan dimana nilai frekuensi berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen. Semakin

tinggi nilai frekuensi maka akan semakin tipis ketebalan sedimen, dan sebaliknya ((Muhtar et al., 2016). Frekuensi natural rendah untuk endapan tebal atau material yang sangat lunak dan tinggi untuk lapisan yang sangat tipis (dangkal) (Eudave et al., 2022).

Nilai frekuensi natural (f_0) yang rendah mengidentifikasi lapisan bawah permukaan pada suatu daerah terdiri dari lapisan batuan yang lunak, begitu sebaliknya bahwa nilai frekuensi natural (f_0) yang tinggi mengidentifikasi lapisan bawah permukaan pada suatu daerah terdiri dari lapisan batuan yang keras (Muhtar et al., 2016). Metode HVSR atau H/V juga menghasilkan nilai amplifikasi tanah.

Amplifikasi tanah merupakan kontras parameter perambatan gelombang (densitas dan kecepatan) antara batuan dasar (bedrock) dan sedimen di atasnya. Nilai amplifikasi perambatan gelombang seismik akan semakin bertambah apabila perbedaan antara parameter tersebut semakin besar. Amplifikasi dan frekuensi natural merupakan faktor yang penting dalam mitigasi bencana suatu tempat. Amplifikasi yang dapat merusak bangunan apabila nilainya lebih besar dari 3 dan berasosiasi dengan frekuensi rendah (Karyono et al., 2016). Nilai frekuensi natural (f_0) dan amplifikasi (A_0) digunakan untuk mengetahui nilai indeks kerentanan seismik (Kg). Indeks kerentanan seismik (Kg) merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kerentanan terhadap seismik (Laksana et al., 2023).

Nilai indeks kerentanan seismik ini berkaitan dengan tingkat kerawanan suatu wilayah dari ancaman risiko gempa bumi. Tingginya nilai indeks kerentanan seismik (Kg) suatu daerah menginterpretasikan bahwa daerah tersebut berpotensi besar mengalami kerusakan yang parah dengan struktur geologi yang bersifat alluvium atau cenderung lunak (Simanjuntak et al., 2017). Pada lapisan sedimen tebal, jika disertai dengan penguatan getaran gelombang seismik (amplitudo puncak) besar, maka akan menghasilkan nilai indeks kerentanan yang besar pula. Semakin tinggi indeks kerentanan

seismik suatu daerah maka semakin tinggi potensi kerusakan akibat gempa bumi. Semakin besar nilai indeks kerentanan seismik di suatu wilayah, maka tingkat risiko gempa bumi terhadap kerusakan akibat gempa bumi semakin besar. Daerah dengan sedimen lunak yang tebal akan memiliki nilai indeks kerentanan seismik tinggi sehingga semakin meningkatkan potensi kerusakan tanah dan bangunan saat mengalami gempa bumi (Muhtar et al., 2016).

Hasil olah data indeks kerentanan seismik diperoleh tiga kategori, untuk indeks kerentanan seismik kategori rendah terdapat pada stasiun pengukuran ST 2, ST 3, ST 4, ST 6, ST 7, ST 8, ST 9, ST 10, ST 11 dan ST 12 dengan rentan nilai <3. Berdasarkan hal tersebut stasiun pengukuran tersebut termasuk dalam formasi pandua dan aluvium yang terdiri dari lapisan batuan konglomerat, batu pasir, batu lempung, lumpur, pasir kerikil dan kerakal. Untuk Indeks kerentanan seismik kategori sedang terdapat pada stasiun pengukuran ST 1 dan ST 5 dengan rentan nilai 3 – 6. Berdasarkan hal tersebut titik pengukuran tersebut termasuk dalam formasi pandua yang terdiri dari lapisan batuan yaitu konglomerat, batu pasir dan batu lempung dengan sisipan lanau. Sedangkan untuk indeks kerentanan seismik kategori tinggi tersebut termasuk dalam formasi pandua dan aluvium yang terdiri dari lapisan batuan konglomerat, batu pasir, batu lempung, lumpur, pasir kerikil dan kerakal. Dari hasil pengukuran pada penelitian ini tidak terdapat stasiun pengukuran yang termasuk zona kerentanan seismik kategori tinggi, karena nilai indeks kerentanan seismik pada semua stasiun pengukuran bernilai <6. Nilai indeks kerentanan seismik dapat menggambarkan bahwa semakin tinggi indeks kerentanan suatu daerah, maka semakin besar pula skala intensitas gempa bumi yang dirasakan (Laksana et al., 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa nilai indeks kerentanan tanah (Kg) di lingkungan kampus Universitas Bengkulu berkisar antara 0,47–5,52. Dapat disimpulkan

bahwa terdapat 10 zona yang memiliki indeks kerentanan seismik rendah yaitu Dekanat FKIP Baru, Gedung Bersama IV, Gedung Serba Guna, FKIP, FMIPA, Fakultas Kedokteran, Fakultas Hukum, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Pertanian dan Fakultas Ilmu Politik dan Sosial dengan rentan nilai < 3. 2 zona memiliki indeks kerentanan sedang yaitu Rektorat dan Fakultas Teknik. Semakin besar nilai indeks kerentanan seismik di suatu wilayah, maka tingkat risiko kerusakan akibat gempa bumi semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Citra, F. W., Edwar, & Karman, W. S. (2020). Tingkat Pemahaman Peserta Didik Pada Wilayah Rawan Bencana Gempa Bumi Zona Tinggi Di Kota Bengkulu. *Georafflesia*, 5(3), 33–39.
- Daiana, S. T., Nurhidayah, & Handayani, L. (2021). B-Value Study As A Seismicity Analysis Based On Earthquake Data For The 1914-2020 Period (Case Study : Bengkulu Province). *Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 16(1), 30–41.
- Eudave, R. R., Ferreira, T. M., & Vicente, R. (2022). International Journal of Disaster Risk Reduction Parameter-based seismic vulnerability assessment of Mexican historical buildings : Insights , suitability , and uncertainty treatment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 74, 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102909>
- Karyono, Syafri, I., Abdurrokhim, Masturyono, Rohadi, S., Arifin, J., Sudrajat, A., Mazzini, A., Hadi, S., & Agustya. (2016). Kajian Kerentanan Tanah Berdasarkan Analisis Hvsr Di Daerah Semburan Lumpur Sidoarjo Dan Sekitarnya, Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 17, 61–68.
- Laksana, N. L. F., L, M. S., & Hernawati. (2023). Analisis Indeks Kerentanan Seismik dan Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) Berdasarkan Data Mikrotremor di Wilayah Perkantoran Konawe Utara. *Research Journal of Applied Physics*, 1(1), 9–15.

- Lestari, K., Farid, M., & Mayub, A. (2018). Analisis Shear Strain dan Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Bumi di Kecamatan Gading Cempaka dan Ratu Agung Kota Bengkulu. *PENDIPA Journal of Science Education*, 2(3), 222–226.
- Maimun, A. K., Silvia, U. N., J, V. J., & Ariyanto, P. (2020). Analisis Indeks Kerentanan Seismik, Periode Dominan, Dan Faktor Amplifikasi Menggunakan Metode Hvsr Di Stageof Tangerang. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 7(2), 24–30.
- Muhtar, A. A., Sismanto, & Marjiyono. (2016). Estimasi karakteristik dinamis tanah untuk pemetaan daerah rawan bencana gempabumi berdasarkan data pengukuran mikrotremor di kota solok. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, 7(2), 140–150.
- Santina, R. O., Hayati, F., & Oktarina, R. (2021). Analisis Peran Orangtua Dalam Mengatasi Perilaku. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(1), 1–13.
- Simanjuntak, A. B., Yuliyanto, G., & Harmoko, U. (2017). Analisis resiko kebencanaan gempa bumi data mikrotremor di Desa Fulolo Kecamatan Alasa Kabupaten Nias Utara. *Youngster Physics Journal*, 6(4), 360–367.